

ACCIAIERIE E FERRIERE DI PIOMBINO

AFERPI

Largo Caduti sul lavoro, 21

57025 PIOMBINO (LI)



**PROPOSTA DI STRATEGIA DI INTERVENTO
PER LA MESSA IN SICUREZZA OPERATIVA**

STABILIMENTO DI PIOMBINO
LUCCHINI S.P.A. IN A.S.

Aprile 2015

INDICE

1 INTRODUZIONE	4
1.1 SINTESI CRONOLOGICA DELL'ITER PROCEDURALE E SUA PROSECUZIONE	7
1.2 CENNI SULLA MESSA IN SICUREZZA DELLA FALDA	9
1.3 AREA D'INTERESSE CEVITAL	10
1.4 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DEL SITO	10
2 CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE SVOLTA	12
2.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO	13
2.1.1 Caratteristiche geologiche	13
2.1.2 Caratteristiche stratigrafiche	14
2.1.3 Caratteristiche idrogeologiche	18
2.1.4 Caratteristiche freaticometriche	19
2.2 RISULTATI DELLA CARATTERIZZAZIONE	20
2.2.1 Stato di contaminazione dei suoli	22
2.2.1.1 Caratterizzazione del suolo delle Aree di Proprietà	22
2.2.1.2 Caratterizzazione del suolo delle Aree Demaniali	25
2.2.1.1 TOP SOIL	31
2.2.1.2 Mappatura della contaminazione del suolo delle Aree di Proprietà e delle Aree Demaniali	32
2.2.2 Stato di contaminazione della falda	35
2.2.2.1 MACROAREA NORD – Falda Superficiale	35
2.2.2.2 MACROAREA SUD – Falda Superficiale	36
2.2.2.3 MACROAREA NORD – Falda Profonda	38
3 ANALISI DI RISCHIO SITO-SPECIFICA SVOLTA	40
3.1 METODOLOGIA UTILIZZATA	43
3.1.1 Modalità di calcolo dei valori di rischio	44
3.1.2 Modalità di calcolo delle Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR)	44
3.2 MODELLO CONCETTUALE DEL SITO	44
3.2.1 Sorgenti di contaminazione	44
3.2.2 Vie di esposizione	51
3.2.3 Bersagli della contaminazione	51
3.3 SINTESI DEI RISULTATI	52
3.3.1 Rischio Sanitario Macroarea Nord	52
3.3.1.1 Rischio cancerogeno	52

3.3.1.2	Rischio non cancerogeno	53
3.3.2	Rischio Sanitario Macroarea Sud	54
3.3.2.1	Rischio cancerogeno	54
3.3.2.2	Rischio non cancerogeno	55
3.3.3	Rischio Ambientale	55
3.3.3.1	Macroarea Nord Macroarea Nord.....	55
3.3.3.2	Macroarea Sud	56
3.3.4	Concentrazioni Soglia di Contaminazione.....	56
4	PROPOSTA PROGETTUALE DI INTERVENTO	59
4.1	VALUTAZIONI IN MERITO AI RISULTATI DELL'ADR.....	59
4.2	MESSA IN SICUREZZA OPERATIVA DEI SUOLI NELLE AREE OPERATIVE.....	71
4.2.1	Individuazione aree di intervento.....	71
4.2.2	Obiettivi degli interventi.....	72
4.2.3	Tipologia di intervento.....	73
4.2.3.1	Ripristino pavimentazioni esistenti (Pavimentazione tipo P01).....	75
4.2.3.2	Nuove pavimentazioni in calcestruzzo (Pavimentazione tipo P02).....	75
4.2.3.3	Nuove pavimentazioni impermeabili (Pavimentazione tipo P03).....	76
4.2.3.4	Stima di larga massima dei costi di intervento.....	77
4.2.4	Cronologia di massima degli interventi	79
4.3	BONIFICA DEI SUOLI MEDIANTE FITORISANAMENTO NELLE AREE NON OPERATIVE.....	80
4.3.1	Le piante e i microorganismi.....	83
4.3.2	Le piante come "green liver"	84
4.3.3	La traspirazione	84
4.3.4	Fitoestrazione	84
4.3.5	Fitostabilizzazione.....	85
4.3.5.1	Fitodegradazione	86
4.3.5.2	Fitovolatilizzazione	86
4.3.5.3	Rizodegradazione.....	86
4.3.6	Applicazioni - Sistemi di copertura vegetativa.....	87
4.3.7	Applicazione della tecnologia	87
4.3.8	Contaminanti	90
4.3.8.1	Contaminanti organici.....	90
4.3.8.2	Contaminanti inorganici.....	91

4.3.9 Piante	91
4.3.10 Vantaggi e limiti	93
4.4 ALTRE MISURE DI MITIGAZIONE AMBIENTALE E OPERE DI URBANIZZAZIONE PRIMARIA	94
5 MONITORAGGI POST-OPERAM	95
6 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	98

INDICE FIGURE NEL TESTO

Figura 1: Ubicazione geografica del sito (stralcio Google Maps).....	11
Figura 2: Sequenza stratigrafica tipica – Macroarea NORD.....	16
Figura 3: Sequenza stratigrafica tipica – Macroarea Sud.....	17
Figura 4: Ubicazione dei sondaggi e dei piezometri realizzati nelle attività di caratterizzazione del sito.....	21
Figura 5: Ubicazione dei sondaggi e dei piezometri realizzati nelle attività di caratterizzazione del sito.....	24
Figura 6: Numero di Superamenti delle CSC ex Tab. 1 col. B Allegato 5, Titolo V, Parte 4° del D. Lgs. 152/2006 (Suolo e Sottosuolo in siti ad uso industriale) – Macroarea NORD.....	27
Figura 7: Numero di Superamenti delle CSC ex Tab. 1 col. B Allegato 5, Titolo V, Parte 4° del D. Lgs. 152/2006 (Macroarea SUD).....	30
Figura 8: Ubicazione su planimetria dei superamenti delle CSC:Idrocarburi C> 12, IPA, Arsenico, Cromo, Vanadio, Zinco, altri metalli - Macroarea Nord.....	33
Figura 9: Ubicazione su planimetria dei superamenti delle CSC: Idrocarburi C> 12, IPA, Arsenico, Cromo, Vanadio, Zinco, altri metalli - Macroarea Sud.....	34
Figura 10: Sorgenti di contaminazione nel Suolo Superficiale – Macroarea NORD.....	47
Figura 11: Sorgenti di contaminazione nel Suolo Profondo – Macroarea NORD.....	48
Figura 12: Sorgenti di contaminazione nel Suolo Superficiale – Macroarea SUD.....	49
Figura 13: Sorgenti di contaminazione nel Suolo Profondo – Macroarea SUD.....	50
Figura 14: Interventi di pavimentazione tipo P01 - Ripristino pavimentazioni esistenti.....	75
Figura 15: Interventi di pavimentazione tipo P02 – Nuove pavimentazioni in calcestruzzo.....	75
Figura 16: Interventi di pavimentazione tipo P03 – Nuove pavimentazioni impermeabili.....	76
Figura 17: Matrice di Screening per la selezione delle tecnologie di bonifica.....	81
Figura 18: Inquinanti all'interno nel continuum suolo-pianta-atmosfera.....	82

ALLEGATI

Allegato 1: Planimetria generale del sito

Allegato 2: Planimetria stato di contaminazione del sito

1 INTRODUZIONE

Nell'ambito della gestione in Amministrazione Straordinaria (di seguito A.S.) della LUCCHINI S.p.A. e dell'interesse alla vendita di tutti o di parte dei complessi aziendali Lucchini S.p.A. (stabilimento di Piombino), in data 24/04/2014 è stato sottoscritto l'Accordo di Programma "Disciplina degli interventi per la riqualificazione e la riconversione del polo industriale di Piombino" (di seguito AdP) ¹.

In relazione alle aree LUCCHINI del SIN di Piombino, tale AdP (art. 5) prevede la presentazione di un "progetto integrato di messa in sicurezza e di reindustrializzazione ai sensi dell'art. 252-bis del D. Lgs. 152/2006 delle aree di proprietà e in concessione demaniale della Lucchini spa di Piombino", mediante la definizione (art. 6) del "*programma degli interventi di messa in sicurezza per l'immediata fruizione dell'area*" con particolare riferimento alle voci della Tabella 1, di seguito riportata.

Tabella 1 - INTERVENTI CHE RESTANO A CARICO DEL PRIVATO INCOLPEVOLE	
A	rimozione e avvio a recupero o smaltimento dei rifiuti depositati in modo incontrollato nelle aree di proprietà e in concessione demaniale, e in particolare rimozione e smaltimento dei cumuli di rifiuti e/o depositi incontrollati di rifiuti già individuati nell'area
B	messa in sicurezza operativa del suolo nelle aree di proprietà Lucchini spa, tramite misure di mitigazione o interruzione dei percorsi di esposizione, quali coperture e rimozione di hot spot, e analisi di rischio sito specifica
C	Oneri pro quota per la realizzazione e gestione dell'impianto di trattamento delle acque di falda contaminate emunte ai sensi dell'art. 41, comma 2, del D.L. n. 69/2013, convertito nella Legge n. 98/2013
D	attività di monitoraggio

In data 02/12/2014 il Ministero dello Sviluppo Economico ha autorizzato il Commissario Straordinario ad accettare l'offerta formulata dal Gruppo CEVITAL, per l'acquisizione degli assets di Piombino della LUCCHINI S.p.A., dando il via libera alla stipula del preliminare di vendita, avvenuta tra le parti in data 09/12/2014.

¹ L'Accordo di Programma è stato sottoscritto dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri, dal Ministero dell'Ambiente, dello Sviluppo Economico, del Lavoro, delle Infrastrutture nonché da Autorità Centrali (Agenzia del Demanio, Agenzia nazionale per l'attrazione degli investimenti e lo sviluppo di imprese) ed Enti Locali (Regione Toscana, Provincia di Livorno, Comune di Piombino, Autorità Portuale di Piombino).

Il progetto di reindustrializzazione e riqualificazione delle attività produttive del sito previsto da CEVITAL si articola su tre distinti filoni di attività:

- 1) siderurgica, finalizzata alla riconversione e modifica degli impianti esistenti con delocalizzazione dell'attuale acciaieria e realizzazione di una nuova acciaieria elettrica;
- 2) agroalimentare, che prevede la creazione, in una porzione delle aree dismesse del sito, di:
 - a. un complesso di triturazione di semi oleosi,
 - b. un complesso di trasformazione di cereali in bioetanolo.
- 3) logistica, funzionale ai due filoni sopra descritti, che include l'allestimento di banchine dedicate, oltre alla creazione di una piattaforma con strutture per lo stoccaggio di merci e materiali.

Il presente documento, che costituisce la proposta di strategia che CEVITAL (nei terzi nominati AferPi per il settore siderurgico e CeviLog per i settori agroalimentare e logistico) intende adottare al fine della realizzazione degli interventi di Messa in Sicurezza Operativa (di seguito MISO) dei suoli nelle aree in fase di acquisizione da effettuarsi ai sensi dell'art. 252-bis del D. Lgs. 152/2006 e s.m.i., e che costituirà parte integrante del nuovo Accordo di Programma da stipularsi tra gli Enti coinvolti ed il Promissario Acquirente CEVITAL, è articolato nelle seguenti parti:

- ricostruzione procedurale, territoriale, geologica ed idrogeologica dell'intero sito LUCCHINI;
- breve sintesi dei risultati delle indagini di caratterizzazione effettuate sia sulle aree di proprietà che su quelle in concessione demaniale;
- risultati dell'analisi del rischio sanitario e ambientale sito-specifica (ex art. 242 comma 4, D. Lgs. 152/2006 e s.m.i.);
- le attività di MISO previste:
 - Individuazione delle aree in base all'uso previsto;
 - Programma degli interventi per l'immediata fruizione dell'area (rif paragrafo 4.2.4).
 - Interventi di Messa in Sicurezza Operativa dei suoli per le aree produttive;
 - Interventi di Bonifica dei suoli per le aree non produttive;

Merita precisare che, mentre gli interventi di MISO previsti nelle aree di proprietà CEVITAL rientrano tra quelli che restano a carico del privato incolpevole ai sensi di quanto stabilito dall'AdP

(si veda la richiamata Tabella 1, lettera B), gli interventi nelle aree demaniali sono invece da intendersi di competenza “pubblica”, e non rientrano pertanto tra gli obblighi in carico all’azienda.

La realizzazione da parte di CEVITAL di interventi di MISO in dette aree demaniali può essere effettuata con valenza “compensativa”, ad esempio in merito agli oneri pro-quota previsti dall’AdP a carico dell’azienda per la realizzazione e l’esercizio dell’impianto di Trattamento delle acque di falda; questo a maggior ragione in quanto l’intervento di messa in sicurezza mediante pavimentazione si configura dal punto di vista tecnico anche come un intervento di mitigazione sulla falda, in quanto contribuisce a ridurre sensibilmente il fenomeno di infiltrazione delle acque meteoriche ed il conseguente dilavamento del suolo contaminato con migrazione della contaminazione verso la matrice falda.

In relazione agli interventi di messa in sicurezza della falda da realizzare nelle aree di proprietà e in concessione demaniale della LUCCHINI S.p.A. in A.S. ed agli interventi di MISO del suolo delle aree demaniali, come previsto e riportato in Tabella 2 dell’art.6 dell’AdP, è stata sviluppata una proposta progettuale da parte di INVITALIA (società in house del MISE), tramite la controllata INVITALIA Attività Produttive S.p.A. (IAP). La proposta INVITALIA-IAP è stata approvata nel corso della Conferenza dei Servizi del 23/07/2014 e documentata negli elaborati dello Studio di Fattibilità². In data 31/07/2014 nel corso della Seduta del Comitato Esecutivo dell’AdP, è avvenuta la presa d’atto da parte del Comitato Esecutivo dell’approvazione dello Studio avvenuta nel corso della CdS del 23/07/2014.

Tabella 2 - INTERVENTI FINANZIATI CON RISORSE PUBBLICHE, IN DANNO DEI SOGGETTI RESPONSABILI	
E	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 barriera 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, realizzazione dell'impianto di trattamento delle acque emunte; messa in sicurezza operativa del suolo nelle aree demaniali.

² Invitalia Attività Produttive S.p.A. – Studio di fattibilità – “Messa in Sicurezza Operativa della falda da realizzare nelle aree di proprietà e in concessione demaniale della Società Lucchini A.S. S.p.A. e Messa in Sicurezza Operativa del suolo nelle aree demaniali”, rev.1, luglio 2014.

1.1 SINTESI CRONOLOGICA DELL'ITER PROCEDURALE E SUA PROSECUZIONE

Lo stabilimento di Piombino della LUCCHINI S.p.A. in A.S. ricade integralmente all'interno del perimetro del Sito di Interesse Nazionale di Piombino, istituito con la Legge n. 426/1998, perimetrato con il D.M. Ambiente del 10 gennaio 2000 e successivamente ampliato con D.M. Ambiente e Tutela del Territorio del 7 aprile 2006.

Di seguito è riportata una sintesi cronologica dell'iter procedurale che ha coinvolto le aree LUCCHINI ricadenti nel SIN di Piombino.

- Dicembre 2004: trasmissione al MATT del Piano di Caratterizzazione (di seguito PdC) ai sensi del D.M. 471/1999, prodotto dallo Studio Sanitas s.r.l. – Servizi alle Imprese, con sede a Piombino (Li), relativo alle aree su cui insiste lo stabilimento siderurgico
- Marzo 2005: approvazione del PdC in sede di Conferenza di Servizi (di seguito CdS) decisoria ex art. 14 Legge n. 241/1990 del 24/03/2005.
- 02/09/2005 – 18/07/2008: realizzazione delle attività di indagine dei suoli e delle acque di falda previste sia nelle aree di proprietà sia nelle aree demaniali in concessione LUCCHINI.
- 29/01/2007: trasmissione della relazione contenente i risultati delle indagini di caratterizzazione delle aree di proprietà Lucchini al competente ufficio del MATTM con nota Prot. ECO/026/07.
- 25/06/2008: in sede di CdS decisoria il MATTM esprime parere favorevole alla validazione dei dati relativi alla caratterizzazione delle aree di proprietà presentati.
- 02/07/2009: trasmissione al MATTM della relazione conclusiva contenente i risultati complessivi dell'indagine di caratterizzazione delle aree demaniali in concessione con nota Prot. ECO/175/09 del.
- 13/05/2010: in sede di CdS decisoria il MATTM ha preso atto, con prescrizioni, del parere favorevole espresso da ARPAT in relazione alla validazione dei risultati analitici presentati nella relazione conclusiva trasmessa con nota prot. ECO/175/09 del 02.07.2009.
- 23/08/2013: trasmissione con nota prot. ECO/171/13, da parte della LUCCHINI, dei risultati delle indagini di caratterizzazione effettuate nel periodo aprile-maggio 2013 nelle aree dissequestrate, relative ai sondaggi ricadenti in aree non coperte da cumuli o nelle quali è stato possibile posizionare la trivella direttamente sui cumuli.

Per le aree LUCCHINI facenti parte del SIN di Piombino è stata effettuata l'Analisi di Rischio sanitario ed ambientale sito-specifica (di seguito AdR) basata sui risultati delle indagini di caratterizzazione ed i cui esiti sono documentati nella relazione NTTH 1635(14) "Analisi del

Rischio Sanitario ed Ambientale sito-specifica (ex art. 242, comma 4, D. Lgs. 152/2006)", **marzo 2015**³.

In ragione di ciò, la strategia che CEVITAL intende adottare è basata sugli esiti dell'AdR svolta, in maniera tale da individuare idonei interventi mirati per ciascuna delle aree con riscontrata criticità.

Il presente documento costituisce, pertanto, la proposta progettuale degli interventi che CEVITAL intende effettuare per la prosecuzione del percorso amministrativo attivato ai sensi del Titolo V del D. Lgs. 152/2006 per il sito in esame, la cui superficie rientra integralmente all'interno del perimetro del Sito di Interesse Nazionale di Piombino, ai sensi dell'art. 252-bis del D. Lgs. 152/2006 e s.m.i., oltre che per quanto previsto negli artt. 5 e 6 del già citato AdP del 24/04/2014.

Come richiamato nello stesso AdP, in ragione della natura "diffusa" della contaminazione evidenziata dagli esiti delle campagne di caratterizzazione svolte, gli interventi di messa in sicurezza/bonifica del sito non potranno essere mirati alla completa eliminazione delle singole frazioni di suolo contaminato (e ciò anche in ragione di motivi legati a fattibilità tecnica e sostenibilità economica), ma saranno indirizzati verso l'isolamento della contaminazione residua presente nei suoli, mediante soluzioni di interruzione delle vie di esposizione generanti rischi per i soggetti presenti/fruitori del sito (lavoratori).

Tale approccio, che rientra nella categoria delle azioni di "Messa in Sicurezza Operativa" nelle aree con continuità di esercizio (All. 3, Parte IV, Tit. V del D. Lgs. 152/2006 e s.m.i.), sulla base dei risultati dell'AdR condotta, consiste, di fatto, nella realizzazione di pavimentazioni superficiali in corrispondenza delle aree in cui la procedura di AdR ha evidenziato rischio sanitario non accettabile per i lavoratori operanti sul sito e diversificate a seconda della tipologia di rischio riscontrato; **come specificato in premessa, le aree oggetto del presente elaborato includono sia quelle di proprietà CEVITAL (per le quali l'obbligo di intervento resta a carico del privato incolpevole ai sensi di quanto stabilito dall'AdP), sia quelle demaniali in concessione (per le quali invece gli interventi sono da intendersi di competenza "pubblica" e non rientrano pertanto tra gli obblighi in carico all'azienda, che potrà realizzarli con valenza "compensativa" in merito agli oneri pro-quota previsti dall'AdP per la realizzazione e l'esercizio dell'impianto TAF).**

In aggiunta a ciò, laddove tale misura venga estesa anche alle aree in cui non è prevista la presenza di lavoratori, essa consente di contenere anche il rischio ambientale di dilavamento verso la falda e, in tal senso, affiancata ad interventi di bonifica della falda, si configura come "Messa in Sicurezza Permanente", assimilata ad intervento di bonifica per il sito in questione.

A tale proposito si premette che, parallelamente agli interventi di MISO previsti mediante realizzazione di pavimentazioni, è stata valutata e proposta la realizzazione di interventi di

³ Studio Sanitas S.r.l., LUCCHINI S.p.A. – Stabilimento di Piombino "Analisi del rischio sanitario ed ambientale sito-specifica – ex art. 242 comma 4 del D. Lgs. 152/06", **Rev. 1 - Marzo 2015.**

fitorisanamento del comparto ambientale suolo superficiale in corrispondenza delle aree “non operative” del sito, per le quali dovrà essere garantita la totale interdizione ai lavoratori, fino al completamento dell’efficace applicazione del fitorisanamento. Tali interventi si configurerebbero, di fatto, come veri e propri interventi di bonifica del suolo e cenni sugli ambiti di applicabilità della metodologia di fitorisanamento sono riportati nel prosieguo del presente documento.

Riassumendo, gli interventi proposti e considerati nel presente documento, in coerenza con quanto previsto dall’AdP del 24/04/2014, consistono:

- per la matrice suolo:
 - nella realizzazione di pavimentazioni di diversa tipologia al fine di riportare entro i limiti di accettabilità i valori di rischio calcolati mediante procedura di AdR;
 - nella regimazione delle acque dilavanti le aree oggetto di pavimentazione;
 - nella bonifica mediante fitorisanamento delle aree “non operative” da interdire completamente all’accesso dei lavoratori, durante tutta la durata della sua applicazione.
- per la matrice acqua, si rimanda al progetto di messa in sicurezza della falda elaborato da parte di IAP, in accordo a quanto previsto alla voce E della Tabella 2 sopra riportata, oltre che a quanto previsto alla voce C della Tabella 1 dell’AdP (Oneri pro quota per la realizzazione e gestione dell’impianto di trattamento delle acque di falda contaminate emunte ai sensi dell’art. 41, comma 2, del D.L. n. 69/2013, convertito nella Legge n. 98/2013).

1.2 CENNI SULLA MESSA IN SICUREZZA DELLA FALDA

Il Progetto di Messa in Sicurezza della falda redatto da INVITALIA/IAP prevede la realizzazione dei seguenti interventi tra loro integrati:

- rete di pozzi di emungimento delle acque di falda;
- sistema di regimazione della falda presente nei terreni di riporto;
- sistema di marginamento del Fosso Cornia Vecchia;
- n. 2 impianti di trattamento delle acque di falda (TAF) uno a servizio della Macroarea Nord, uno a servizio della Macroarea Sud.

In particolare, sono state stimate le portate in ingresso ai TAF di acqua da trattare in:

- | | | |
|-------------------|-----------------------------|-------------------------|
| • Macroarea Nord: | Portata acqua falda sospesa | 1.900 m ³ /g |
| | Portata acqua prima falda | 2.600 m ³ /g |
| • Macroarea Sud: | Portata acqua prima falda | 1.300 m ³ /g |

I costi di realizzazione degli impianti TAF, desunti dal quadro economico allegato allo studio di fattibilità INVITALIA/IAP, sono di 2.700.000 €, a cui vanno aggiunti i costi di gestione, che allo stato attuale, in via preliminare, si possono valutare in circa 1 €/m³ di acqua trattata.

Entrambi i costi di cui sopra, così come specificato alla lettera C della Tabella 1 art. 6 AdP, sono da ripartire pro-quota a carico del privato incolpevole. Non essendo ancora stato definito il criterio di ripartizione, si può ipotizzare una ripartizione in funzione della superficie occupata da CEVITAL rispetto al totale della superficie del sito oggetto di messa in sicurezza della falda.

Come già richiamato in premessa, gli interventi di MISO dei suoli previsti nelle aree demaniali in concessione ai sensi dell'AdP non rientrano tra gli obblighi in carico al privato incolpevole e sono da intendersi di competenza "pubblica"; la realizzazione di detti interventi di pavimentazione nelle aree demaniali può essere effettuata da parte di CEVITAL con valenza "compensativa" in merito agli oneri pro-quota previsti dall'AdP a carico dell'azienda stessa per la realizzazione e l'esercizio dell'impianto di Trattamento delle acque di falda.

1.3 AREA D'INTERESSE CEVITAL

Il Gruppo CEVITAL, ha manifestato interesse per il complesso delle aree di proprietà LUCCHINI, nonché per le aree in concessione demaniale facenti parte della Macroarea Nord, ad esclusione di una porzione delle stesse, e per quelle facenti parte della Macroarea Sud. In Allegato 1 sono riportate le planimetrie delle aree di interesse CEVITAL.

Non tutte le aree di interesse CEVITAL rientrano nel SIN di Piombino, essendo infatti presenti altre aree (pozzi Vignarca, raccordo Fiorentina, vascone Capezzolo, centralino metano) esterne alla perimetrazione dello stesso SIN.

Complessivamente, l'area di interesse CEVITAL ammonta a circa 4.885.366 m², di cui circa 3.996.240 m² (1.072.465 m² in aree di proprietà e 2.923.775 m² in aree demaniali) facenti parte delle aree già oggetto del citato Piano di Caratterizzazione, mentre l'estensione delle aree interne al perimetro di interesse ma esterne al SIN è di circa 444.985 m².

1.4 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DEL SITO

Lo stabilimento siderurgico LUCCHINI, si trova nella zona sud-ovest dell'area industriale del Comune di Piombino. I principali confini dell'area di stabilimento sono identificabili come segue:

- confine lato nord/nord-ovest: Via della Capriola e Viale Unità d'Italia;
- confine lato ovest/sud-ovest: Viale Unità d'Italia e Viale della Resistenza;

- confine lato sud/sud – est: Viale della Resistenza e Via Provinciale;
- confine lato est/nord – est: Via Provinciale.

Il centro abitato più vicino è quello di Piombino, localizzato in direzione sud-ovest rispetto all'area di stabilimento (cfr. Figura 1).

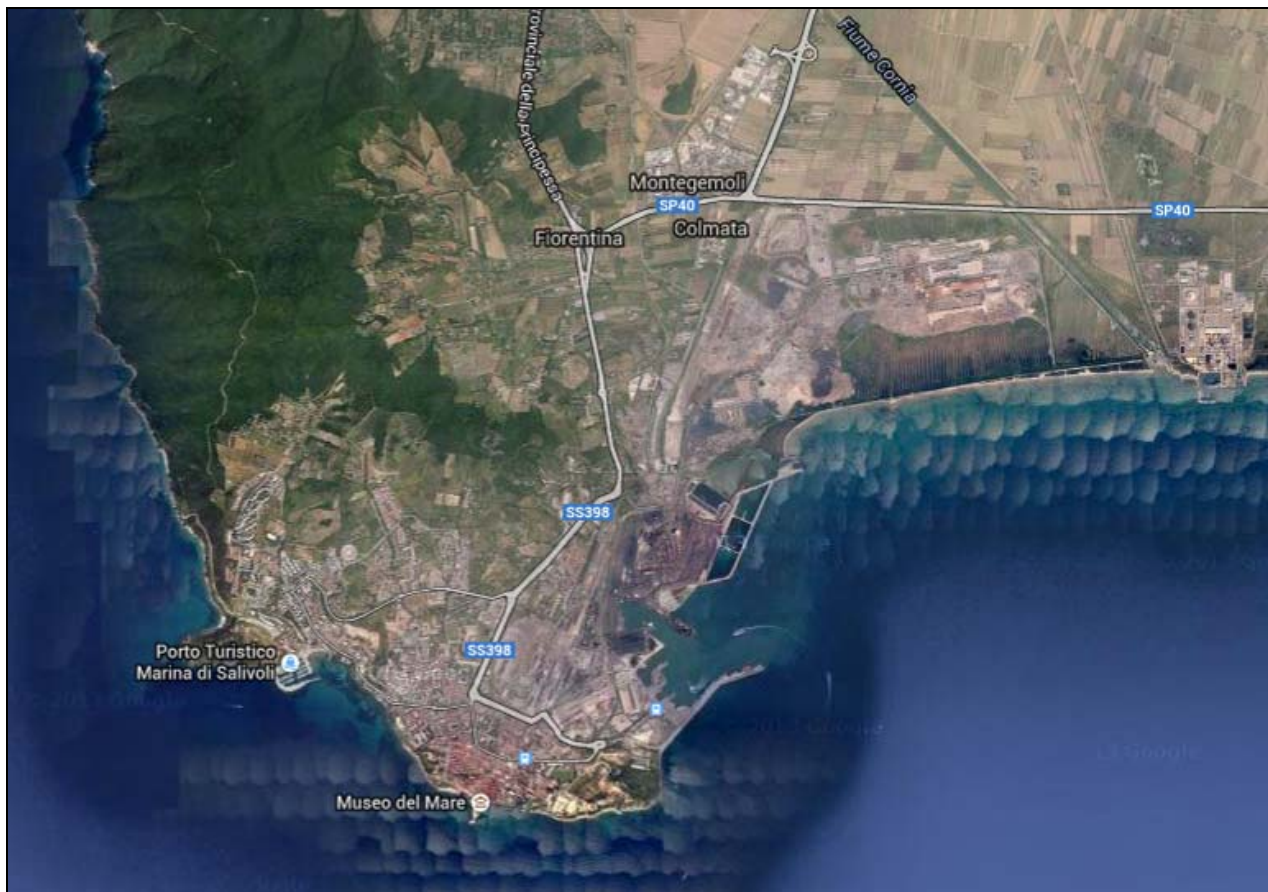


Figura 1: Ubicazione geografica del sito (stralcio Google Maps).

Il territorio circostante allo stabilimento è fortemente antropizzato, solidale all'area urbana di Piombino, a ridosso del porto di Piombino.

Lo stabilimento occupa una superficie di circa 5.649.739 m², dei quali circa 1.669.344 m² di proprietà e 3.980.395 m² in concessione demaniale. L'area coperta occupata ammonta a circa 468.000 m². Nella già citata planimetria in Allegato 1 è riportata la consistenza delle aree di proprietà e delle aree demaniali LUCCHINI.

2 CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE SVOLTA

L'attività di Caratterizzazione del sito è stata eseguita ai sensi del D.M. 471/1999, normativa vigente all'epoca della presentazione e approvazione del documento "*LUCCHINI PIOMBINO S.p.A. Stabilimento di Piombino – D.M. 471/99 Piano di Caratterizzazione*" approvato con prescrizioni dalla Conferenza di Servizi Decisoria del 24.03.2005) e al momento dell'avvio delle operazioni di caratterizzazione delle aree di proprietà del sito.

Conseguentemente, i risultati ottenuti sono stati confrontati con le Concentrazioni Limite di Accettabilità (di seguito CLA) introdotte dall'art.3 comma 1 e indicate nell'Allegato 1, Tabella 1, colonna B (sito ad uso Commerciale e Industriale) del D.M. 471/1999 per quanto riguarda i suoli e quelle indicate nell'Allegato 1, Tabella 2 per le acque sotterranee.

Con l'entrata in vigore del D. Lgs. 152/2006 e l'introduzione delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (di seguito CSC) per la definizione di sito "potenzialmente inquinato" (art. 240 comma 1), le concentrazioni di riferimento sono diventate quelle riportate in Tabella 1, per suolo e sottosuolo, e Tabella 2, per le acque sotterranee, dell'Allegato 5 alla Parte IV dello stesso decreto legislativo.

Ferma restando la sostanziale corrispondenza tra i limiti di concentrazione per i diversi parametri previsti dalle tabelle del DM 471/1999 e del D.Lgs. 152/2006, la normativa attuale modifica le modalità con le quali vengono effettuate le determinazioni analitiche sui campioni di suolo: le analisi in laboratorio devono infatti essere condotte sull'aliquota di granulometria <2 mm, mentre la concentrazione del campione deve essere determinata riferendosi alla totalità dei materiali secchi, comprensiva anche dello scheletro < 2 cm (mentre la normativa precedente prevedeva la determinazione rispetto alla sola frazione di granulometria < 2 mm).

Di conseguenza, laddove gli stessi campioni di terreno fossero analizzati seguendo i criteri previsti dal D. Lgs. 152/2006, in funzione della distribuzione granulometrica del campione si avrebbero risultati di concentrazione più bassi rispetto a quelli a suo tempo risultati dall'applicazione del criterio previsto dal D.M. 471/1999.

A fronte di quanto sopra, lo studio di Caratterizzazione realizzato per le aree di proprietà, riferendosi alle CLA del D.M. 471/1999, riporta risultati che risultano maggiormente cautelativi rispetto alla normativa oggi vigente.

Un'altra sostanziale differenza tra le due normative ambientali messe a confronto riguarda i livelli di campionamento dei suoli; il D. Lgs. 152/2006 considera campionabili solo terreni insaturi e terreni di frangia capillare, mentre il D.M. 471/1999 prevedeva il campionamento anche della porzione

satura di terreno che, a differenza, il D. Lgs. 152/2006 considera non rappresentativo della matrice ambientale suolo.

Quanto sopra premesso, al fine di chiarire che, nonostante si faccia riferimento alle CSC del D.Lgs. 152/2006 (in quanto norma attualmente vigente) piuttosto che alle CLA del D.M. 471/1999, i dati riportati sono comunque quelli risultanti dalle analisi di caratterizzazione, a suo tempo trasmessi nelle Relazioni descrittive delle indagini di caratterizzazione e validati dagli Enti di Controllo, calcolati sulla base dei criteri maggiormente conservativi del D.M. 471/1999.

2.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

2.1.1 Caratteristiche geologiche

L'assetto geologico dell'area esaminata è rappresentato sul Foglio Piombino n. 127 della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, che comprende il tratto costiero della Toscana che va dalla penisola di Piombino a Castiglione della Pescaia. La geologia di questa area è caratterizzata dalla presenza della formazione del Macigno e delle Argille a Palombini cui vanno associati depositi palustri attuali e recenti, limi argillosi e sabbiosi abbondanti nelle pianure di Piombino, nel Padule di Follonica e del Fiume Bruna. Al contorno dell'area indagata troviamo invece sabbie eoliche fossilifere e sabbie arrossate eluviali di età pleistocenica superiore.

La successione stratigrafica delle rocce affioranti nella regione (Triassico superiore – Attuale), può essere così riassunta: le rocce più antiche presenti sono rappresentate da scisti e cornubianiti carniche cui seguono rocce dolomitiche del Triassico superiore. Superiormente si trova la serie sedimentaria giurassica con il graduale passaggio ad ambienti sedimentari sempre più profondi fino alla deposizione della Maiolica cretacea. La successione cenozoica, che inizia con la deposizione di sedimenti clastici del Macigno, è interrotta dalla serie dei Flysch, che testimoniano l'innalzamento e lo smantellamento della catena appenninica.

La seconda parte del Cenozoico (Miocene superiore - Pliocene medio) è caratterizzata da rocce magmatiche e metamorfiche e da conglomerati, arenarie ed argille di ambiente transizionale.

I depositi pleistocenici rappresentano il passaggio da un ambiente marino-transizionale ad uno continentale caratterizzato da alluvioni antiche e sabbie eoliche ed eluviali. La successione stratigrafica si chiude con i depositi olocenici ancora di ambiente continentale.

La pianura di Piombino è un sistema deposizionale costiero che comprende in senso lato una molteplicità di ambienti: continentale (acque dolci), misto (acque salmastre) e marino (acque salate), e sedimenti che possono essere sommersi e subaerei.

Verso il largo, questo sistema passa gradualmente da sedimenti costieri sabbiosi a sedimenti marini pelitici, verso terra si ha passaggio a depositi alluvionali, palustri, lacustri, eolici. Le alluvioni del fiume Cornia nella Pianura di Piombino sono composte da alternanze di lenti di ghiaie e di

argille che rappresentano le notevoli variazioni delle portate subite dal corso d'acqua. In questa area si possono quindi trovare sedimenti palustri, alluvionali o di colmata.

Lo Stabilimento Lucchini è compreso integralmente nella Pianura di Piombino, lungo la costa meridionale fra Piombino e Follonica. Sulla base di studi pregressi, il sito dello Stabilimento di Piombino può, dal punto di vista geologico, essere suddiviso in due Macroaree: la Macroarea Nord che insiste sulla zona delle vecchie Casse di Colmata del Fiume Cornia; la Macroarea Sud compresa tra l'abitato di Piombino a Sud ed i rilievi collinari ad Ovest e sulla quale insistono la maggior parte delle strutture e degli impianti dello Stabilimento.

2.1.2 Caratteristiche stratigrafiche

Nelle due Macroaree Nord e Sud sono state individuate e descritte, nell'ambito del sito, le seguenti unità, partendo dalla più superficiale fino alla più profonda:

- **Riporto:** materiale eterogeneo costituito da inerte calcareo, scorie di acciaieria, loppe di altoforno e materiali di cava. 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. La permeabilità di questi materiali è buona. Il riporto è presente con diverse litologie (dal materiale arenaceo di cava alle scorie di altoforno) in tutte le zone indagate.
- **Depositi di palude:** depositi poco permeabili, costituiti da limi e limi sabbiosi di colore grigio azzurro con rare screziature di colore ocra. Localmente sono presenti inclusioni carboniose. Si trovano in depressioni morfologiche e sono presenti in modo discontinuo nell'area. Costituiscono l'originario piano campagna sul quale sono stati depositati i materiali di riporto artificiale. Sono principalmente presenti nella Macroarea Nord.
- **Depositi di Colmata:** depositi fini costituiti da limi sabbiosi e sabbie limose di colore marrone-ocra con locali accumuli di ghiaia fine; presentano una bassa permeabilità. Anche questi terreni rappresentano, principalmente nella Macroarea Nord, l'originario piano campagna sul quale è stato depositato il materiale di riporto.
- **Depositi di Laguna:** sono costituiti da 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 impermeabili. Tali depositi 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. Sono principalmente presenti nella Macroarea Nord.

- **Sabbie e limi pleistocenici:** depositi che costituiscono il substrato dei sedimenti più recenti. Sono costituite da sabbie e limi di colore ocra-rossastro, compatti e a buona permeabilità, localmente contengono livelli di calcareniti e sporadiche inclusioni ciottolose.
- **Substrato roccioso:** presente solo in prossimità dei rilievi collinari che delimitano a nord-ovest l'area siderurgica nella Macroarea Sud. Si tratta di rocce attribuite alla Formazione del Macigno: arenarie quarzoso-micacee-feldspatiche a cemento argilloso-marnoso con rari interstrati calcarenitici, associate a lenti di argilla siltosa o marnoso-siltosa.

Con riferimento alla suddivisione nelle due Macroaree Nord e Sud, si riporta di seguito, in sintesi, la distribuzione nelle suddette zone degli orizzonti sopra descritti.

Macroarea Nord

La sequenza stratigrafica individuata sulla base dei dati disponibili può essere sintetizzata, partendo dal piano campagna, nel modo seguente (cfr. anche Figura 2):

- 1 Riporto (R): deposito di origine antropica di composizione estremamente variabile, principalmente scorie, loppa, ceneri, clasti arenacei;
- 2 Depositi di palude (P): terreni fini con granulometria variabile dalle argille ai limi sabbiosi, da grigio scuro a grigio azzurro talvolta con screziature nere di sostanza organica;
- 3 Depositi di colmata argillosi (Ca): terreni fini con granulometria variabile dalle argille ai limi di colore da giallo ocraceo a verde tabacco;
- 4 Depositi di colmata sabbiosi (Cs): sabbie medio fini limose, giallo ocraceo;
- 5 Depositi di laguna (L): terreni con granulometria variabile dai limi sabbiosi alle sabbie grigio con tritume conchigliare;
- 6 Sabbie pleistoceniche (Sp): sabbie medie debolmente limose, addensate con clasti calcarenitici, il colore è sul giallo, talvolta al tetto il colore per i primi centimetri è grigio.

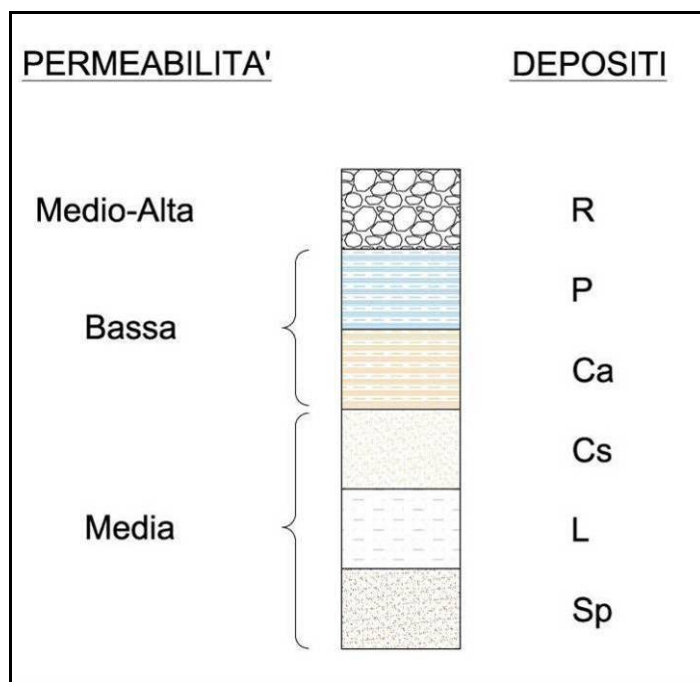


Figura 2: Sequenza stratigrafica tipica – Macroarea NORD.

Nell'area indagata i livelli da 2 a 5 non risultano lateralmente omogenei né dal punto di vista dello spessore né da quello della composizione litologica e quindi della permeabilità. Da un punto di vista idrogeologico i sei livelli della sequenza stratigrafica individuata possono comunque essere raggruppati in 3 orizzonti di permeabilità sulla base delle osservazioni di campagna, delle prove Lefranc e delle prove geotecniche di laboratorio effettuate:

- Riporto (R): permeabilità medio-alta;
- Depositi di palude e di colmata argillosi (P, Ca): permeabilità da bassa a medio-bassa ($1 \cdot 10^{-6} \div 1 \cdot 10^{-10}$ m/s);
- Depositi di colmata sabbiosi, depositi di laguna e sabbie pleistoceniche (Cs, L, Sp): permeabilità media ($1 \cdot 10^{-5} \div 1 \cdot 10^{-8}$ m/s).

La Macroarea Nord dello stabilimento presenta, comunque, una forte variabilità della successione stratigrafica principale sopra descritta, sia dal punto di vista della continuità verticale che da quello della continuità orizzontale.

Macroarea Sud

La sequenza stratigrafica individuata sulla base dei dati disponibili può essere sintetizzata, partendo dal p.c., nel modo seguente (cfr. anche Figura 3):

- 1 Riporto (R): deposito di origine antropica di composizione estremamente variabile, presenta una matrice sabbiosa di colore variabile giallo-arancio, nella cui parte alta si trovano generalmente loppa, scorie di fusione, ceneri d'altoforno, carbone e clasti di varia litologia, mentre nella parte bassa si trovano essenzialmente clasti arenacei e calcarenitici. La parte bassa, quando presente, costituisce sempre la base dell'orizzonte;
- 2 Depositi di laguna (L): sabbie fini limose grigie con tritume conchigliare;
- 3 Sabbie pleistoceniche (Sp): sabbie medie debolmente limose, addensate con clasti calcarenitici, di colore tendenzialmente giallo;
- 4 Substrato roccioso (A): arenarie quarzoso-micacee-feldspatiche a cemento argilloso -marnoso con rari interstrati calcarenitici, associate a lenti di argilla siltosa o marnoso -siltosa.

Da un punto di vista idrogeologico nella Macroarea Sud i depositi di riporto antropico, caratterizzati da una permeabilità medio-alta, si trovano a diretto contatto con depositi a permeabilità comunque media/medio-alta (depositi di laguna e sabbie pleistoceniche); il primo strato a bassa permeabilità che viene ritrovato è il substrato roccioso (arenarie), che pertanto rappresenta la base della falda superficiale.

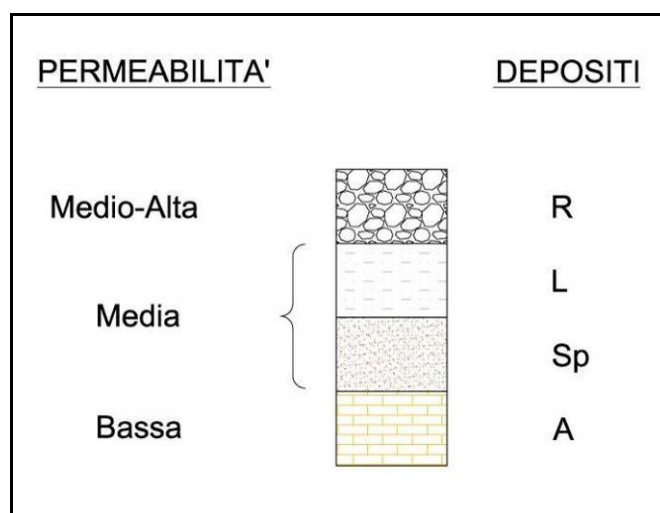


Figura 3: Sequenza stratigrafica tipica – Macroarea Sud.

La successione stratigrafica principale sopra descritta risulta piuttosto uniforme in tutta la Macroarea Sud, sia dal punto di vista della continuità verticale che da quello della continuità orizzontale, mentre presenta una variabilità piuttosto marcata per quanto riguarda lo spessore dei singoli orizzonti.

2.1.3 Caratteristiche idrogeologiche

L'elemento idrografico principale è il Fiume Cornia la cui valle coincide in buona parte con la pianura di Piombino. Il Fiume Cornia nasce dal Monte Aia dei Diavoli (m 875) e si divide in due rami: il Fosso Cornia Vecchia che sfocia nel mar Tirreno a Ponte d'Oro, e il Fiume Cornia, canalizzato che sfocia in prossimità di Torre del sale.

Il Fiume Cornia ha una lunghezza di 50 km e suoi principali affluenti sono i seguenti:

- il Rio Secco affluente di sinistra in provincia di Grosseto;
- il Torrente Milia affluente di sinistra in provincia di Livorno;
- il Torrente Massera è il principale affluente di destra.

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

- Fossi Corna Vecchia,
- Fiume Cornia.

A sud l'area industriale è delimitata dalla linea di costa.

Si distinguono da un punto di vista idrogeologico a livello generale due acquiferi di primaria importanza:

- l'acquifero delle formazioni carbonatiche - evaporitiche sede di una importante circolazione di fluidi idrotermali che si manifesta sotto forma di sorgenti e che contribuisce all'alimentazione dei sistemi acquiferi della pianura;
- l'acquifero multistrato delle formazioni quaternarie della pianura.

In particolare nella Pianura di Piombino, l'acquifero principale ai fini dell'approvvigionamento idrico idropotabile, irriguo e industriale, è quello presente nei depositi quaternari della pianura stessa legati alla deposizione del Fiume Cornia, e dai livelli di sabbie/arenarie e ghiaie pleistoceniche della zona S. Vincenzo - Piombino. Nel sottosuolo della pianura la sovrapposizione di livelli con diverse caratteristiche idrogeologiche può essere così schematizzato:

- copertura argillosa (depositi di Palude/Colmata e di Laguna),
- acquifero superficiale freatico/semi-confinato (ghiaie alluvionali, sabbie pleistoceniche)
- acquitardo di separazione,
- sistema acquifero confinato (livelli di ghiaie alternati ad argille).

Sulla base di studi pregressi, si ripropone per il sito dello Stabilimento anche da un punto di vista idrogeologico la suddivisione in Macroarea Nord e Sud. Il Fosso Corna Vecchia suddivide e isola da un punto di vista idraulico le due Macroaree.

Nella **Macroarea Nord** è ipotizzabile la presenza di due falde distinte, senza connessione idraulica tra loro:

- una falda superficiale "sospesa" presente nel materiale di riporto antropico, avendo come substrato di fondo i sottostanti depositi a bassa permeabilità di Palude/Colmata argillosa. Tale falda è alimentata esclusivamente dalle acque meteoriche e drenata dal sistema di fossi che circonda la Macroarea (Fosso Corna Vecchia ad ovest, Fosso Base geodetica a Nord e Fosso Tombolo a Sud).
- una falda "profonda" che circola nei sottostanti depositi sabbiosi a medio-alta permeabilità (Depositati di Laguna e Sabbie Pleistoceniche), confinata al tetto dai depositi di Palude/Colmata argillosa e alla base da una serie di terreni fini (limi-argillosi) a permeabilità medio/bassa.

Nella **Macroarea Sud** si individua una unica falda superficiale che circola nel riporto antropico e nei sottostanti depositi sabbiosi ad alta permeabilità, alimentata dalle acque meteoriche e dalle acque d'infiltrazione provenienti dai rilievi collinari del promontorio di Piombino; tale falda è verosimilmente confinata sul fondo da un substrato roccioso a bassa permeabilità costituito principalmente da arenarie a cemento argilloso-marnoso, che si ritrova a profondità comprese tra un minimo di 1÷2 m in prossimità dei rilievi collinari che delimitano a nord-ovest la Macroarea Sud del sito, e tende ad approfondirsi verso il mare.

2.1.4 Caratteristiche freatiche

Contestualmente al campionamento delle acque di falda dai piezometri realizzati sia nelle aree di proprietà che nelle aree in concessione demaniale, sono state condotte apposite campagne stagionali (con frequenza trimestrale) di rilievo freatico finalizzate ad effettuare la ricostruzione della superficie piezometrica e la determinazione della direzione principale di deflusso delle acque sotterranee.

Macroarea NORD

L'andamento delle curve iso-piezometriche mostra all'interno della macroarea variazioni minime del livello medio della falda sospesa, che passa da circa 2 m s.l.m. nella zona dei Treni di Laminazione (al centro) fino ad un minimo di 0 m s.l.m. nella zona del padule (a sud).

La falda ha una direzione di deflusso centrifuga, verso il fosso Base Geodetica a N, il fosso Vecchia Cornia ad O/SO, e verso la zona del Padule e quindi il mare a S.

Il livello medio di falda presenta minime variazioni stagionali, con un massimo collocato tra inverno e primavera ed un minimo estivo; la direzione principale di deflusso resta sostanzialmente invariata, sebbene nel corso delle varie campagne stagionali l'andamento delle isopieze possa subire localmente modifiche significative, verosimilmente dovute alla variabilità intrinseca di una falda sospesa alimentata esclusivamente dagli apporti meteorici.

Macroarea SUD

L'andamento delle curve iso-piezometriche mostra all'interno della macroarea variazioni piuttosto consistenti del livello medio della falda, che passa da circa 10÷12 m s.l.m. nella zona occidentale pedecollinare (Vecchio Stabilimento) fino ad un minimo di 0 m s.l.m. nella zona costiera orientale; la direzione di deflusso della falda va approssimativamente da ovest ad est, in direzione del mare.

Il livello medio di falda presenta minime variazioni stagionali, con un massimo collocato tra inverno e primavera ed un minimo estivo; la direzione principale di deflusso resta sostanzialmente invariata, mantenendo in tutte le stagioni un gradiente verso il mare.

Per maggiori dettagli si veda la "Relazione Descrittiva Indagine di Caratterizzazione: Aree Demaniali", giugno 2009.

2.2 RISULTATI DELLA CARATTERIZZAZIONE

Nella Figura 4 seguente è riportata la planimetria di stabilimento con la visualizzazione della magliatura utilizzata per l'ubicazione dei sondaggi (punti di indagine con sigla S) e dei piezometri (punti di sondaggio con sigla Pz) realizzati durante le campagne di caratterizzazione.

Come già sopra specificato, la caratterizzazione ambientale svolta nell'intero sito è stata effettuata ai sensi del D.M. 471/1999 e, laddove si fa riferimento alle CSC del D. Lgs. 152/2006 piuttosto che alle CLA del D.M. 471/1999, i dati considerati sono comunque quelli calcolati sulla base dei criteri maggiormente conservativi del D.M. 471/1999 e validati dagli Enti di Controllo.

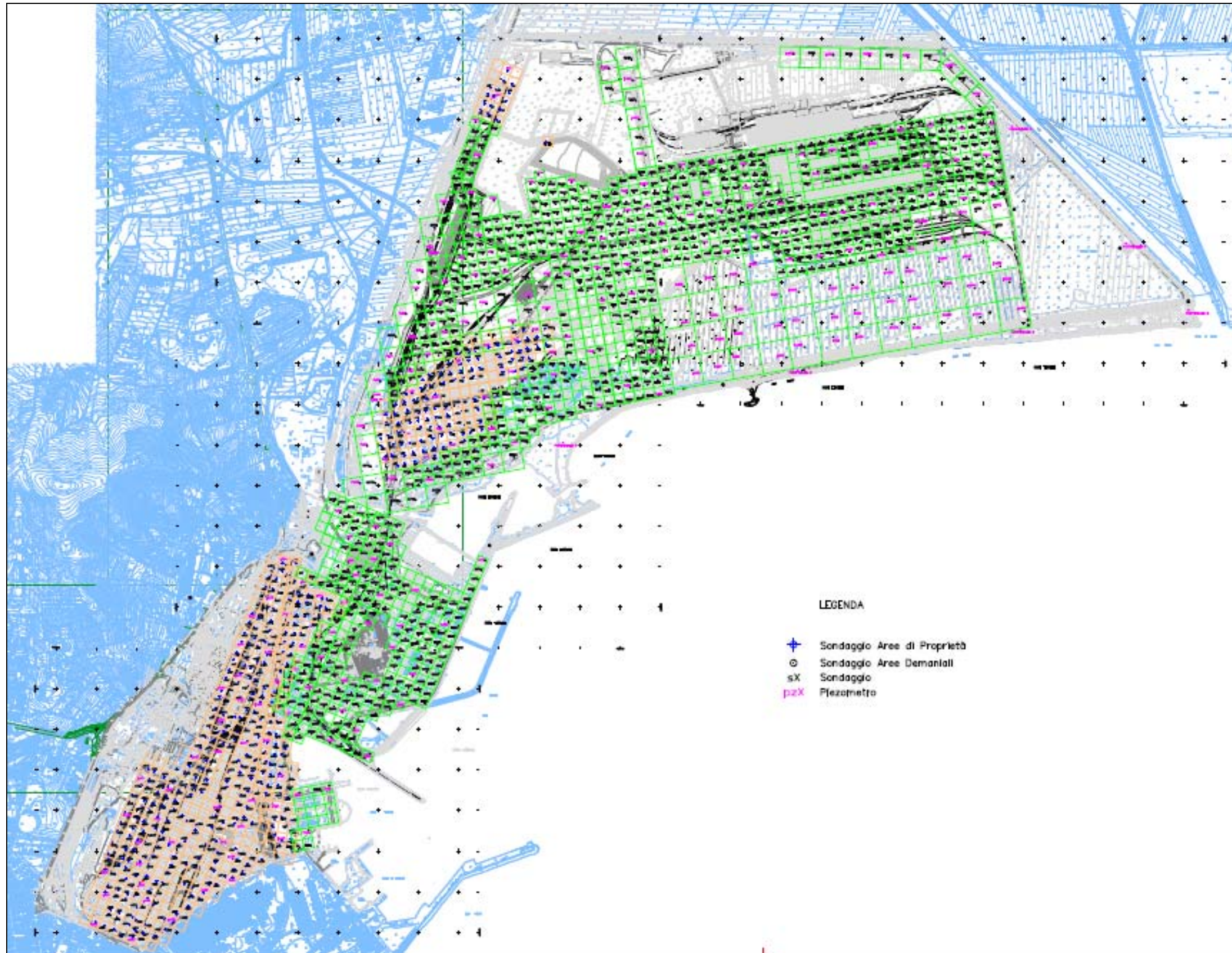


Figura 4: Ubicazione dei sondaggi e dei piezometri realizzati nelle attività di caratterizzazione del sito.

2.2.1 Stato di contaminazione dei suoli

Di seguito sono descritti i risultati relativi alla matrice suolo emersi dalla caratterizzazione delle aree di proprietà e di quelle in concessione demaniale.

I sondaggi sono stati posizionati all'interno del reticolo a maglia quadrata (generalmente di dimensione 50 x 50 m, oltre ad alcune maglie di dimensione 100 x 100 m o 150 x 150 m), per un totale di 469 carotaggi in area di proprietà e 1037 in aree in concessione demaniale.

Nella precedente Figura 4 è visualizzato il reticolo delle maglie sovrapposto alla planimetria dello stabilimento LUCCHINI di Piombino, con il posizionamento dei sondaggi e dei piezometri per la caratterizzazione delle aree di proprietà ed in concessione demaniale della LUCCHINI S.p.A.

2.2.1.1 Caratterizzazione del suolo delle Aree di Proprietà

Di seguito si riporta una sintesi dei risultati delle determinazioni analitiche effettuate sui campioni di suolo prelevati da tutti i sondaggi/piezometri realizzati nel perimetro delle aree di proprietà e sui campioni di top soil.

Metalli: sono risultati eccedere le CSC di riferimento del suolo i parametri Arsenico, Berillio, Cadmio, Cobalto, Cromo totale, Rame, Piombo, Antimonio, Selenio, Vanadio e Zinco.

Cianuri e Solfuri: nessuno dei campioni analizzati ha presentato concentrazioni eccedenti la CSC di riferimento.

Idrocarburi Aromatici (BTEX e Stirene): nessun parametro in nessuno dei campioni è risultato eccedere le CSC per uso industriale del suolo, ad eccezione del Benzene che presenta n.4 superamenti con una punta di 6 mg/kg (sondaggio S0175), a fronte di una CSC di 2 mg/kg.

Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA): sono stati registrati superamenti delle CSC per uso industriale solamente in alcuni casi (2% circa dei campioni prelevati), generalmente in corrispondenza di lenti isolate di idrocarburi: molto spesso si ritrovano nello stesso campione valori eccedenti i limiti per tutta la famiglia degli IPA, mentre soltanto in n. 8 casi è stato misurato in un campione il superamento della concentrazione limite per alcuni o un solo parametro (generalmente Indenopirene), senza che si abbia il superamento della CSC per la Sommatoria IPA. Più nel dettaglio i parametri che risultano eccedere i limiti di concentrazione ammissibili sono Pirene, Benzo(a)antracene, Crisene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(K)fluorantene, Benzo(a)pirene, Dibenzo(a,h)antracene, Benzo(g,h,i)perilene, Indenopirene e Sommatoria IPA. I superamenti sono localizzati per la maggior parte nell'area del Vecchio Stabilimento, ed in particolare nell'area della Cokeria e nelle zone limitrofe.

Idrocarburi Alifatici Clorurati cancerogeni e non cancerogeni: complessivamente per le categorie di inquinanti in oggetto, nessun parametro in nessuno dei campioni è risultato eccedere i limiti stabiliti dal D. Lgs. 152/2006 per uso industriale del suolo, e generalmente sono state rilevate concentrazioni inferiori o prossime al limite di rilevabilità strumentale. Viene registrato un unico superamento della CSC per il Clorometano, misurato nel campione più superficiale del sondaggio S0186 con un valore pari a 7,3 mg/kg, a fronte di un limite tabellare di 5 mg/kg; in tutti gli altri campioni esaminati il Clorometano viene rilevato in concentrazioni molto prossime e spesso inferiori al limite di rilevabilità.

Fenoli: i fenoli non clorurati e clorurati sono stati rilevati in tutti i campioni analizzati con una concentrazione inferiore al limite di rilevabilità strumentale.

PCB: nessuno dei campioni analizzati ha presentato concentrazioni eccedenti la CSC per un uso industriale, ed in particolare oltre il 90% dei campioni risulta avere un valore inferiore al limite di rilevabilità strumentale.

Idrocarburi (C<12 e C>12): in tutti i campioni le concentrazioni degli idrocarburi leggeri (C<12) sono risultate inferiori o prossime al limite di rilevabilità strumentale, e comunque inferiori alla CSC per uso industriale del suolo, pari a 250 mg/kg. Per quanto riguarda gli Idrocarburi pesanti (C>12) sono stati riscontrati n. 47 campioni di terreno che presentavano il superamento della pertinente CSC (pari a 750 mg/kg); i valori di concentrazione eccedenti la CSC si registrano generalmente in corrispondenza di lenti isolate di idrocarburi, e rappresentano meno del 5% dei campionamenti effettuati.

Allo scopo di fornire un quadro di insieme dei risultati della campagna di caratterizzazione realizzata, nel grafico di Figura 5, sono riassunti tutti i superamenti delle CSC per uso industriale del suolo, riscontrati nei campioni prelevati nelle aree di proprietà; in esso sono evidenziati con colori differenti quanti dei superamenti misurati eccedono le CSC di meno del 50%, di un valore compreso tra il 50 e il 100%, e di oltre il 100%, così come emerso dalle risultanze analitiche.

Figura 5: Ubicazione dei sondaggi e dei piezometri realizzati nelle attività di caratterizzazione del sito.

2.2.1.2 Caratterizzazione del suolo delle Aree Demaniali

Di seguito si riporta una sintesi dei risultati delle determinazioni analitiche effettuate sui campioni di suolo prelevati da tutti i sondaggi/piezometri realizzati nel perimetro delle aree demaniali e sui campioni di top soil.

La trattazione dei risultati analitici è stata impostata separatamente per la Macroarea Nord e per la Macroarea Sud in cui lo stabilimento viene suddiviso da un punto di vista geografico ed idrogeologico.

MACROAREA NORD

Metalli: nei 2475 campioni di terreno prelevati nella Macroarea Nord del sito, i metalli che con maggior frequenza vengono rilevati con concentrazioni eccedenti le relative CSC sono Vanadio, Arsenico e Cromo totale. Per quanto riguarda gli altri metalli, nella Macroarea Nord sono stati rilevati sporadici superamenti delle CSC per uso industriale del suolo per i seguenti analiti: Berillio, Cadmio, Cobalto, Rame, Mercurio, Nichel, Piombo, Antimonio, Selenio e Zinco.

Altri composti inorganici (Cianuri e Fluoruri): solo uno dei campioni analizzati ha presentato concentrazioni di Cianuri e Fluoruri eccedenti le relative CSC per un uso industriale del suolo; in particolare, si osserva un superamento per i fluoruri (in corrispondenza del sondaggio S1453).

Idrocarburi Aromatici (BTEX e Stirene): nei campioni prelevati nella Macroarea Nord si registrano solo per il Benzene n. 7 superamenti delle CSC del suolo.

Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA): nella Macroarea Nord sono stati registrati superamenti delle CSC nel 3% circa dei casi (pari a n. 80 campioni); spesso si ritrovano nello stesso campione valori eccedenti i limiti per tutta o gran parte della famiglia degli IPA, mentre soltanto in rari casi è stato misurato in un campione il superamento della concentrazione limite per alcuni o un solo parametro. Più nel dettaglio i parametri che risultano eccedere i limiti di riferimento sono: PireneBenzo(a)antracene, Crisene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(a)pirene, Dibenz(a,h)antracene, Benzo(g,h,i)perilene, Indenopirene e Sommatoria IPA.

Idrocarburi Alifatici Clorurati cancerogeni e non cancerogeni: nella Macroarea Nord del sito nessun parametro in nessuno dei campioni è risultato eccedere le CSC per uso industriale del suolo, e generalmente sono state rilevate concentrazioni inferiori o prossime al limite di rilevabilità strumentale.

Fenoli: i fenoli non clorurati e clorurati sono risultati in tutti i campioni prelevati nella Macroarea Nord con una concentrazione inferiore al limite di rilevabilità strumentale.

PCB: nella Macroarea Nord del sito sono stati rilevati in totale n. 10 campioni con un valore di PCB eccedente la CSC per un uso industriale del suolo (pari a 5 mg/kg s.s.), con una concentrazione massima pari a 13 mg/kg s.s. misurata nello strato superficiale del sondaggio S1149. In tutti i sondaggi dove il campione superficiale è risultato eccedere i limiti di legge, l'analisi dei PCB è stata estesa a tutti i campioni della carota fino al fondo foro. Tutti i campioni sono risultati avere concentrazioni di PCB inferiori alla CSC.

Idrocarburi (C<12; C>12): in tutti i campioni le concentrazioni degli idrocarburi leggeri (C<12) sono risultate inferiori alla CSC. Invece per gli Idrocarburi pesanti (C>12) sono stati riscontrati superamenti della CSC nel 18% circa dei campioni (per un totale di 408 superamenti), con punte di circa 20600 mg/kg misurata nel campione intermedio del sondaggio S1453. I più alti valori di concentrazione degli HC>12 vengono generalmente registrati in corrispondenza di lenti isolate di idrocarburi, spesso associati a superamenti delle CSC per IPA e/o Benzene.

Nel grafico riportato nella seguente Figura 6 sono riassunti tutti i superamenti delle CSC per uso industriale del suolo riscontrati nei campioni prelevati nella Macroarea Nord del sito dello Stabilimento Lucchini di Piombino; in particolare viene evidenziato con colori differenti quanti dei superamenti presentano valori compresi tra il 100% ed il 150% della pertinente CSC, quanti compresi tra il 150% ed il 200%, quanti tra il 200% e il 1000%, e quanti superiori al 1000% (Hot Spot)

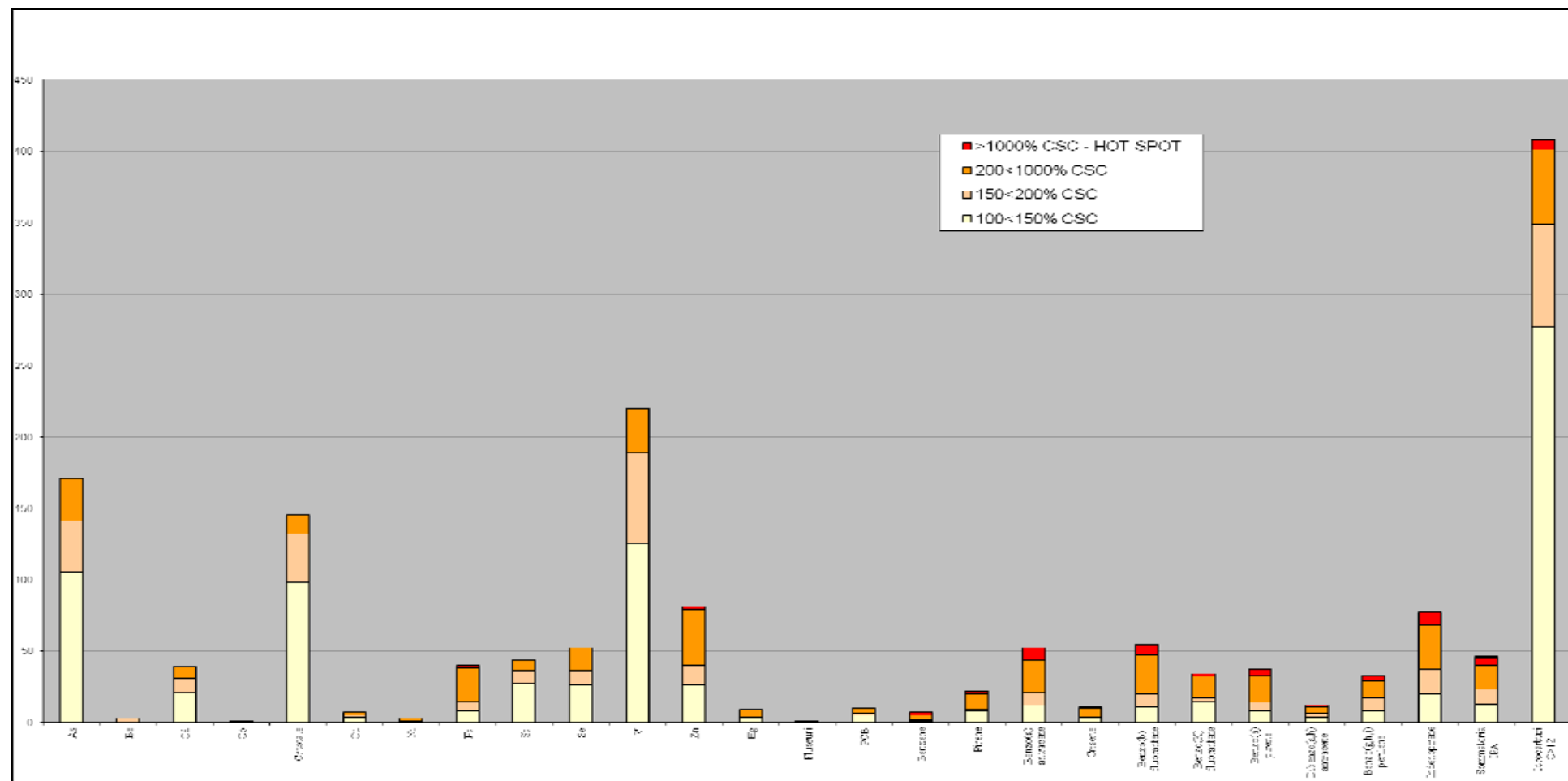


Figura 6: Numero di Superamenti delle CSC ex Tab. 1 col. B Allegato 5, Titolo V, Parte 4° del D. Lgs. 152/2006 (Suolo e Sottosuolo in siti ad uso industriale) – Macroarea NORD.

MACROAREA SUD

Metalli: Nei n. 591 campioni di terreno prelevati nella Macroarea Sud del sito, i metalli che con maggior frequenza vengono rilevati con concentrazioni eccedenti le pertinenti CSC stabilita dal D. Lgs. 152/2006 sono Arsenico, Cromo totale e Vanadio. Per quanto riguarda gli altri metalli, nella Macroarea Sud sono stati rilevati sporadici superamenti delle CSC per uso industriale del suolo per i seguenti analiti: Berillio, Cadmio, Cromo VI, Rame, Mercurio, Nichel, Piombo, Antimonio, Selenio e Zinco.

Altri composti inorganici (Cianuri e Fluoruri): nessuno dei campioni analizzati ha presentato concentrazioni di Cianuri e Fluoruri eccedenti le CSC.

Idrocarburi Aromatici (BTEX e Stirene): per quanto riguarda gli idrocarburi aromatici, nessun parametro in nessuno dei campioni prelevati nella Macroarea Sud è risultato eccedere le CSC.

Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA): nella Macroarea Sud sono stati registrati superamenti delle CSC nel 2,5% circa dei casi (pari a 15 campioni); spesso si ritrovano nello stesso campione valori eccedenti i limiti per tutta o gran parte della famiglia degli IPA, mentre soltanto in rari casi è stato misurato in un campione il superamento della concentrazione limite per alcuni o un solo parametro. Più nel dettaglio i parametri che risultano eccedere i limiti di riferimento sono: Pirene, Benzo(a)antracene, Crisene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(K)fluorantene, Benzo(a)pirene:, Dibenzo(a,h)antracene, Benzo(g,h,i)perilene, Indenopirene e Sommatoria IPA.

Dall'analisi della distribuzione geografica nella Macroarea Sud dei sondaggi che presentano superamenti degli IPA si evidenzia che i superamenti sono distribuiti in modo piuttosto irregolare in tutto il sito, e tendono a concentrarsi in particolare nei pressi dell'area della cokeria.

Per la restante parte dei campioni esaminati le concentrazioni degli IPA risultano per lo più sotto il limite di rilevabilità analitica e comunque ampiamente sotto le CSC sopraindicate.

Idrocarburi Alifatici Clorurati cancerogeni e non cancerogeni: nella Macroarea Sud del sito nessun parametro in nessuno dei campioni è risultato eccedere le CSC e generalmente sono state rilevate concentrazioni inferiori o prossime al limite di rilevabilità strumentale.

Fenoli: i fenoli non clorurati e clorurati sono risultati in tutti i campioni prelevati nella Macroarea Sud con una concentrazione inferiore al limite di rilevabilità strumentale.

PCB: nella Macroarea Sud del sito nessuno dei campioni analizzati ha presentato concentrazioni eccedenti la CSC per un uso industriale, ed in particolare oltre l'80% dei campioni è risultato avere un valore inferiore al limite di rilevabilità strumentale.

Idrocarburi (C<12; C>12): in tutti i campioni le concentrazioni degli idrocarburi leggeri (C<12) sono risultate inferiori al limite di rilevabilità strumentale, pari a 1 mg/kg a fronte di una CSC per uso industriale del suolo di 250 mg/kg. Per gli Idrocarburi pesanti (C>12) sono stati riscontrati superamenti della CSC (pari a 750 mg/kg) nel 15% circa dei campioni (per un totale di n. 91 superamenti, in n. 40 sondaggi), con una punta di 12780 mg/kg misurata nel campione profondo del sondaggio S0525. Anche in questo caso, così come nella Macroarea Nord, i più alti valori di concentrazione degli HC>12 sono stati generalmente registrati in corrispondenza di lenti isolate di idrocarburi, spesso associati a superamenti delle CSC per la famiglia degli IPA.

La distribuzione geografica dei sondaggi che presentano superamenti degli Idrocarburi pesanti, evidenzia una distribuzione disomogenea con una elevata densità di superamenti soprattutto in prossimità della zona del pontile.

Nel grafico riportato nella seguente Figura 7 sono riassunti tutti i superamenti delle CSC per uso industriale del suolo riscontrati nei campioni prelevati nella Macroarea Sud del sito dello Stabilimento LUCCHINI di Piombino; in particolare viene evidenziato con colori differenti quanti dei superamenti misurati presentano valori compresi tra il 100% ed il 150% della pertinente CSC, quanti compresi tra il 150% ed il 200%, quanti tra il 200% e il 1000%, e quanti superiori al 1000% (Hot Spot).

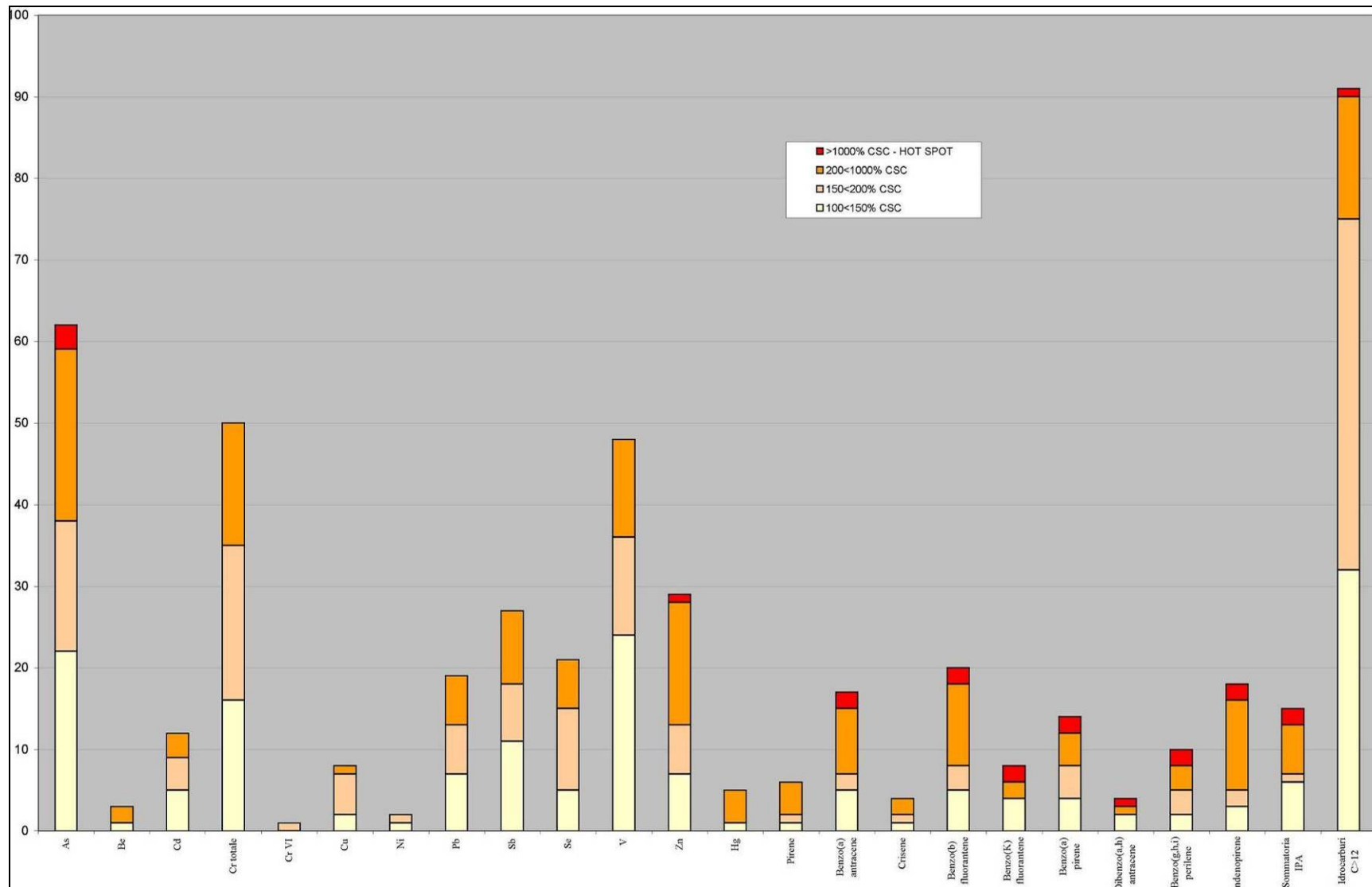


Figura 7: Numero di Superamenti delle CSC ex Tab. 1 col. B Allegato 5, Titolo V, Parte 4° del D. Lgs. 152/2006 (Macroarea SUD).

2.2.1.1 TOP SOIL

Sono di seguito riportati i risultati delle determinazioni analitiche effettuate su n. 80 campioni di Top soil prelevati nel perimetro delle aree demaniali in concessione a Lucchini; su tali campioni sono state determinate le concentrazioni di metalli, PCB, Amianto, IPA e PCDD/PCDF Totali (con relativa speciazione). La trattazione dei risultati analitici sui campioni di top soil è stata impostata separatamente per la Macroarea Nord e per la Macroarea Sud dello stabilimento.

MACROAREA NORD

Metalli: nei n. 63 campioni prelevati nella Macroarea Nord del sito sono risultati eccedere le pertinenti CSC per uso industriale del suolo i seguenti parametri: Arsenico, Cromo totale, Rame, Antimonio, Vanadio e Zinco.

Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA): tutti i campioni prelevati nella Macroarea Nord del sito sono risultati inferiori ai limiti di rilevabilità strumentale, o comunque inferiori alle CSC.

Amianto: è risultato “assente” in tutti i campioni prelevati nella Macroarea Nord del sito.

PCB: tutti i campioni prelevati nella Macroarea Nord hanno presentato concentrazioni di PCB con un valore inferiore o molto prossimo al limite di rilevabilità strumentale, ed in ogni caso comunque inferiore alla CSC.

PCDD e PCDF: nessuno dei campioni analizzati ha presentato valori della sommatoria di PoliCloroDibenzoDiossine e PoliCloroDibenzoFurani, eccedenti la CSC del suolo; in particolare, oltre il 90% dei campioni è risultato avere un valore inferiore al limite di rilevabilità strumentale.

MACROAREA SUD

Metalli: nei n. 63 campioni prelevati nella Macroarea Nord del sito sono risultati eccedere le pertinenti CSC per uso industriale del suolo i seguenti parametri: Cromo totale, Nichel, Antimonio e Vanadio.

Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA): Tutti i campioni prelevati nella Macroarea Sud del sito hanno presentato concentrazioni di IPA inferiori o prossimi ai limiti di rilevabilità strumentale, e comunque sempre inferiori alle CSC.

Amianto: è risultato “assente” in tutti i campioni prelevati nella Macroarea Sud.

PCB: Tra i campioni analizzati nella Macroarea Sud, è stato registrato un unico superamento della CSC, ovvero Tps 065. Tutti gli altri campioni analizzati hanno presentato concentrazioni di PCB con valori inferiori o prossimi al limite di rilevabilità strumentale, e comunque sempre inferiori alla CSC.

PCDD e PCDF: nessuno dei campioni analizzati ha presentato valori della sommatoria di PoliCloroDibenzoDiossine e PoliCloroDibenzoFurani eccedenti la CSC; in particolare, tutti i campioni sono risultati avere un valore inferiore al limite di rilevabilità strumentale.

2.2.1.2 Mappatura della contaminazione del suolo delle Aree di Proprietà e delle Aree Demaniali

Nell'ottica di fornire un'immagine complessiva dello stato di contaminazione del sito emerso dall'intera attività di caratterizzazione sono state prodotte carte tematiche in cui sono rappresentati i superamenti delle CSC, per ciascun inquinante, sia nel perimetro delle aree di proprietà che in concessione demaniale alla Lucchini S.p.A., suddivise per Macroarea Nord e per la Macroarea Sud.

Le Figura 8 e la Figura 9 riportano, rispettivamente per la Macroarea Nord e per la Macroarea Sud, l'immagine delle sette carte tematiche prodotte per arsenico, cromo, vanadio, zinco, altri metalli, IPA, idrocarburi C>12, fornendo il quadro complessivo dei risultati di caratterizzazione.



Figura 8: Ubicazione su planimetria dei superamenti delle CSC: Idrocarburi C> 12, IPA, Arsenico, Cromo, Vanadio, Zinco, altri metalli - Macroarea Nord.

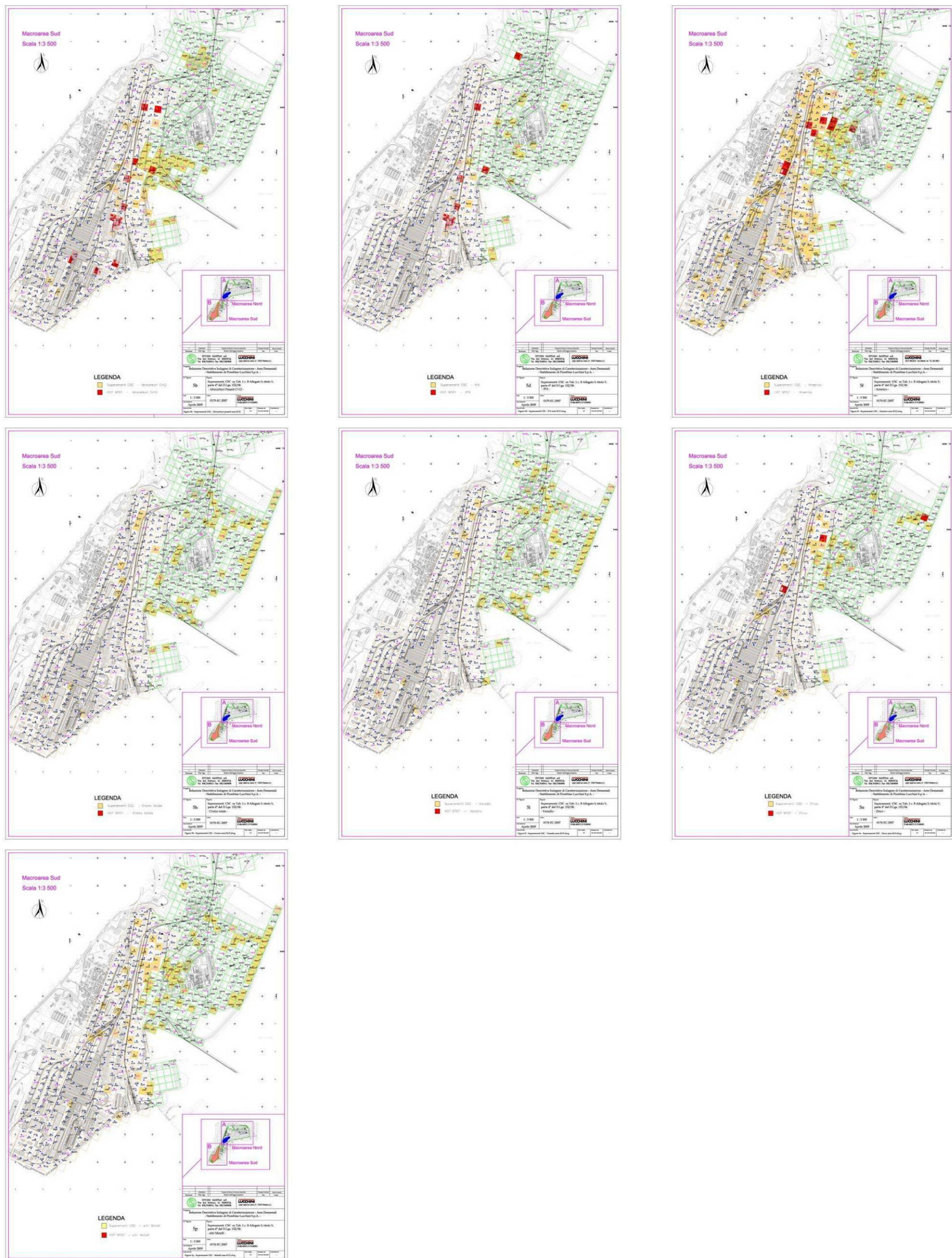


Figura 9: Ubicazione su planimetria dei superamenti delle CSC: Idrocarburi C> 12, IPA, Arsenico, Cromo, Vanadio, Zinco, altri metalli - Macroarea Sud

2.2.2 Stato di contaminazione della falda

Di seguito vengono sintetizzati i risultati delle determinazioni analitiche effettuate sui campioni di acqua di falda prelevati nel corso delle n. 4 campagne di campionamento effettuate sui piezometri delle aree di proprietà e di quelle in concessione demaniale.

Nel corso delle suddette campagne stagionali sono stati prelevati n. 122 campioni di acqua da n. 35 piezometri in aree di proprietà e n. 667 campioni di acqua da n. 173 piezometri in aree demaniali, oltre a n. 6 campioni prelevati dai piezometri integrativi realizzati all'esterno del perimetro dello stabilimento Lucchini. In totale sono stati prelevati ed analizzati n. 795 campioni di acqua di falda.

2.2.2.1 MACROAREA NORD – Falda Superficiale

Conducibilità Specifica: risulta estremamente variabile in tutta la Macroarea nord, compresa fra un minimo di circa 1 mS/cm misurato nel Pz226, Pz241 e Pz250, ed un massimo di 47,6 mS/cm misurato nel Pz239, indicativa di acque con un contenuto salino molto variabile. L'analisi dei dati in tabella evidenzia un andamento lungo il sito irregolare, verosimilmente indice della variabilità delle caratteristiche chimico-fisiche del materiale di riporto in cui circola la falda sospesa;

pH: risulta tendenzialmente da neutro ad alcalino, con valori compresi tra 5,9÷12,6; il valore medio annuale si attesta nella falda superficiale della Macroarea nord attorno a 9,0, indice della presenza nel materiale di riporto in cui circola la falda sospesa di materiali alcalini, ricchi in calce (scoria di acciaieria);

Temperatura: valori generalmente compresi tra 15÷22 °C, con variazioni stagionali significative che raggiungono punte di 28,2 °C in estate e di 11,2 °C in inverno;

Durezza: risulta molto variabile, con punte superiori ai 800 °F nel Pz253 ed un minimo di 5÷27°F misurato nel Pz250; il valore medio annuale nella falda superficiale della Macroarea nord è di circa 175 °F.

Metalli: nei n. 418 campioni di acqua prelevati nei piezometri della Macroarea nord che drenano la falda superficiale, i parametri che sono risultati eccedere le CSC sono i seguenti: Alluminio, Arsenico, Antimonio, Boro, Cadmio, Cromo totale, Cromo VI, Ferro, Manganese, Mercurio, Nichel e Piombo.

Altri Composti Inorganici (Nitriti, Fluoruri, Solfati e Cianuri): nei campioni di acqua di falda prelevati i parametri che sono risultati eccedere le CSC sono i seguenti: Nitriti, Fluoruri e Solfati. Per i Cianuri non sono stati rinvenuti superamenti della CSC di riferimento.

Idrocarburi Aromatici (BTEX e Stirene): nei campioni di acqua di falda prelevati dai piezometri della Macroarea Nord il parametro che risulta eccedere la CSC con frequenza maggiore è il Benzene, mentre gli altri idrocarburi aromatici presentano superamenti più sporadici e generalmente non ripetuti nel corso delle varie campagne di campionamento; i superamenti misurati sono per i seguenti parametri: Benzene, Stirene, Toluene e para-Xilene.

Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA): I valori di concentrazione degli IPA misurati nel corso delle n. 4 campagne stagionali risultano generalmente inferiori o prossimi ai limiti di rilevabilità strumentale; i superamenti delle CSC che vengono riscontrati in gran parte dei casi sono sporadici e non ricorrenti. Gli analiti della famiglia degli IPA che risultano eccedere le pertinenti CSC con maggiore frequenza sono il Benzo(a)pirene ed il Benzo(g,h,i)perilene, mentre gli altri parametri presentano superamenti sporadici: Benzo(a)antracene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Crisene, Dibenzo(a,h)antracene e Indeno(1,2,3-c,d)pirene.

Idrocarburi Alifatici Clorurati: hanno evidenziato valori di concentrazione inferiori ai limiti di rilevabilità strumentale per gran parte dei campioni effettuati (oltre il 95%); sono stati misurati soltanto alcuni sporadici superamenti dei parametri di seguito riportati, mai ricorrenti nel corso delle diverse campagne stagionali di campionamento: Clorometano, Triclorometano, Cloruro di vinile, 1,2-Dicloroetano, 1,1-Dicloroetilene, 1,2-Dicloropropano, Tricloroetilene, 1,2,3-Tricloropropano, Tetracloroetilene (PCE) e 1,1,2-Tricloroetano.

Clorofenoli: L'analisi dei campioni di acqua non ha evidenziato parametri eccedenti le CSC stabilite.

(PCB): sono stati rilevati in totale n. 2 campioni di acqua di falda con un valore eccedente la pertinente CSC (pari a 0,01 µg/l), con una concentrazione massima pari a 4,75 µg/l misurata nella I campagna del Pz208; tali superamenti sporadici non sono mai ricorrenti nelle diverse campagne stagionali di campionamento dei piezometri.

Idrocarburi Totali: nella quasi totalità dei campioni di acqua analizzati sono risultati inferiori o molto prossimi al limite di rilevabilità strumentale; sono stati misurati soltanto n. 9 superamenti della CSC (350 µg/l), sporadici e non ricorrenti nel corso delle varie campagne stagionali, con una punta di 2256 µg/l misurata nella IV campagna del Pz265.

2.2.2.2 MACROAREA SUD – Falda Superficiale

Conducibilità Specifica. Risulta estremamente variabile in tutte la Macroarea sud, compresa fra un minimo di 1,3 mS/cm ed un massimo di 51,0 mS/cm, indicativa di acque con un contenuto salino variabile. L'analisi dei dati evidenzia un andamento lungo il sito piuttosto irregolare, che mostra

però la generale tendenza all'aumento dei valori di conducibilità dai piezometri localizzati lungo il confine occidentale dello stabilimento ai piezometri più prossimi al mare (Pz067, Pz068);

pH: risulta tendenzialmente da neutro a moderatamente alcalino, con valori compresi tra 6,1÷12,1; il valore medio annuale si attesta nella Macroarea sud attorno a 7,95;

Temperatura: valori generalmente compresi tra 17÷25 °C, con variazioni stagionali significative che raggiungono punte di 30 °C in estate e di 13 °C in inverno;

Durezza: risulta molto variabile, con punte superiori ai 500 °F nei Pz067 e Pz068 ed un minimo di 7÷27 °F misurato nel Pz088; il valore medio annuale nella Macroarea sud dello stabilimento è di circa 240 °F.

Metalli: nei n. 110 campioni di acqua prelevati nei piezometri della Macroarea sud i parametri che sono risultati eccedere le CSC stabilite sono i seguenti: Alluminio, Arsenico, Antimonio, Boro, Cromo totale, Cromo VI, Ferro, Manganese, Mercurio, Nichel e Piombo. Gli altri Metalli analizzati presentano concentrazioni generalmente inferiori al limite di rilevabilità analitica e comunque largamente inferiori alle rispettive CSC.

Altri Composti Inorganici (Nitriti, Fluoruri, Solfati e Cianuri): nei campioni di acqua di falda prelevati i parametri che sono risultati eccedere le pertinenti CSC sono i seguenti: Nitriti, Fluoruri, Solfati e Cianuri.

Idrocarburi Aromatici (BTEX e Stirene): nei campioni di acqua di falda prelevati dai piezometri della Macroarea sud il parametro che risulta eccedere la pertinente CSC con frequenza maggiore è il Benzene, mentre gli altri idrocarburi aromatici presentano superamenti sporadici e mai ricorrenti nel corso delle varie campagne di campionamento; i superamenti misurati sono i seguenti: Benzene e para-Xilene.

Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA): gli analiti che risultano eccedere le pertinenti CSC con maggiore frequenza sono il Benzo(a)pirene ed il Benzo(g,h,i)perilene, mentre gli altri parametri presentano superamenti meno frequenti: Benzo(a)antracene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Crisene, Dibenzo(a,h)antracene e Indeno(1,2,3-c,d)pirene.

Idrocarburi Alifatici Clorurati: le analisi dei composti alifatici clorurati cancerogeni e non cancerogeni hanno evidenziato valori di concentrazione inferiori ai limiti di rilevabilità strumentale per gran parte dei campioni effettuati (oltre il 90%); sono stati misurati soltanto alcuni sporadici superamenti dei parametri di seguito riportati, generalmente non ricorrenti nel corso delle diverse campagne stagionali di campionamento: Clorometano, Triclorometano, 1,1-Dicloroetilene, 1,2-Dicloropropano, Tricloroetilene, Tetracloroetilene (PCE) e 1,1,2-Tricloroetano.

Clorofenoli: l'analisi dei campioni di acqua prelevati dai piezometri della Macroarea sud non ha evidenziato parametri eccedenti le CSC.

PCB: l'analisi dei campioni di acqua non ha evidenziato valori eccedenti le CSC stabilite.

Idrocarburi Totali: nella quasi totalità dei campioni di acqua analizzati sono risultati inferiori o molto prossimi al limite di rilevabilità strumentale; sono stati riscontrati solo n. 2 sporadici superamenti della CSC stabilita, nella I campagna di campionamento del piezometro Pz080 (con un valore di 724 µg/l) e nella III campagna di campionamento del piezometro Pz075 (con un valore di 1110 µg/l).

2.2.2.3 MACROAREA NORD – Falda Profonda

Conducibilità Specifica: risulta generalmente compresa fra un minimo di circa 1 mS/cm ed un massimo di circa 16 mS/cm, con punte di circa 22÷28 mS/cm misurato nel Pz258 e di 39 mS/cm nel Pz006 (Demanio 6). L'andamento lungo il sito dei valori misurati sembrerebbe mostrare una tendenza all'aumento della conducibilità della falda profonda verso il confine settentrionale del sito;

pH: risulta tendenzialmente neutro, con valori compresi tra 6,7÷8,3 ad eccezione di un picco di alcalinità riscontrato nel Pz114bis (11,2÷12,1) e nel Pz200 (9,4÷10,9); il valore medio annuale del pH della falda profonda si attesta nella Macroarea nord attorno a 8,1;

Temperatura: valori generalmente piuttosto uniformi, compresi tra 18÷21 °C, con variazioni stagionali modeste e comunque mediamente inferiori a 3÷4 °C;

Durezza: risulta moderatamente variabile, con valori che si attestano per lo più intorno a 100 °F, con punte di 200÷300 °F nel Pz258 e un minimo di 10÷30 °F misurato nel Pz102bis; il valore medio annuale di durezza della falda profonda nella Macroarea nord è di circa 122 °F.

Metalli: nei n. 212 campioni di acqua prelevati nei piezometri della Macroarea nord che drenano la falda profonda, i metalli che sono risultati eccedere con maggiore frequenza le CSC stabilite dal D. Lgs. 152/2006 sono il Boro ed il Manganese.

Altri sporadici superamenti delle CSC, che in nessun caso sono stati ripetuti in tutte le quattro campagne di campionamento stagionale, sono stati misurati per i seguenti parametri: Alluminio, Arsenico, Antimonio, Ferro, Mercurio, Nichel e Piombo.

Altri Composti Inorganici (Nitriti, Fluoruri, Solfati e Cianuri): nei campioni di acqua prelevati dai piezometri che drenano la falda "profonda", l'unico parametro che è risultato eccedere in modo ricorrente la pertinente CSC è rappresentato dai Solfati. Altri sporadici superamenti delle CSC, che in nessun caso sono stati ripetuti in tutte le quattro campagne di campionamento stagionale, sono stati misurati per i seguenti parametri: Nitriti, Fluoruri e Cianuri.

Idrocarburi Aromatici (BTEX e Stirene): nei campioni di acqua di falda prelevati dai piezometri “profondi” della Macroarea nord il solo parametro che risulta eccedere la pertinente CSC è il Benzene. Altri sporadici superamenti delle CSC, che in nessun caso sono stati ripetuti in tutte le quattro campagne di campionamento stagionale, sono stati misurati per i seguenti parametri: Toluene e para-Xilene.

Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA): i valori di concentrazione degli IPA misurati nel corso delle campagne stagionali di campionamento risultano generalmente inferiori o prossimi ai limiti di rilevabilità strumentale; vengono riscontrati superamenti delle CSC soltanto per alcuni composti della famiglia degli IPA, che in ogni caso risultano essere sporadici e non ricorrenti: Benzo(a)pirene, Benzo(a)antracene, Benzo(b)fluorantene e Benzo(g,h,i)perilene.

Idrocarburi Alifatici Clorurati: hanno evidenziato valori di concentrazione inferiori ai limiti di rilevabilità strumentale per gran parte dei campioni effettuati (oltre il 97%); sono stati misurati soltanto alcuni sporadici superamenti di 1,2-Dicloropropano.

Clorofenoli: i campioni prelevati dai piezometri “profondi” della Macroarea nord non ha evidenziato parametri eccedenti le CSC stabilite.

Policlorobifenili (PCB): l’analisi dei campioni di acqua non ha evidenziato valori eccedenti le CSC stabilite.

Idrocarburi Totali: nella quasi totalità dei campioni di acqua analizzati sono risultati inferiori o molto prossimi al limite di rilevabilità strumentale; è stato riscontrato un solo sporadico superamento della CSC stabilita, mai ripetuto e con un valore misurato di 375 µg/l, appena superiore ai limiti di legge.

3 ANALISI DI RISCHIO SITO-SPECIFICA SVOLTA

A partire dai risultati delle indagini di caratterizzazione ambientale svolte sul sito Lucchini, sintetizzati nel capitolo precedente, è stata elaborata la procedura di Analisi di rischio (AdR) sanitario ed ambientale sito-specifica finalizzata, in conformità a quanto previsto dall'art. 242 comma 4 del D.Lgs. 152/06, alla determinazione delle Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR).

Il documento contenente tali elaborazioni è "Analisi del rischio sanitario ed ambientale sito-specifica ex art. 242, comma 4 del D. Lgs. 152/2006" prodotto dallo Studio Sanitas s.r.l. – Servizi alle Imprese, con sede a Piombino (Li), nel **Marzo 2015**.

Viste le caratteristiche geologiche ed idrogeologiche delle due diverse macroaree in cui è stato suddiviso il sito ("Macroarea Nord" e "Macroarea Sud", come definite e descritte nei paragrafi precedenti), l'analisi è stata effettuata separatamente per ognuna delle due macroaree, definendo di volta in volta per ognuna di esse le specifiche sorgenti di contaminazione, le caratteristiche del sito ed i parametri di esposizione dei bersagli interessati.

Il criterio di suddivisione nelle due macroaree del SIN di Piombino (ed in particolare del sito Lucchini), già ampiamente condiviso a livello tecnico anche in sede di conferenza di servizi, è stato adottato anche da ARPAT nella valutazione preliminare del rischio sanitario per i lavoratori del sito industriale, riportata nella "*Relazione finale sulle elaborazioni eseguite sui dati di contaminazione del suolo e della falda nel sito Lucchini di Piombino*", svolta nell'Aprile 2014 e nella quale l'analisi viene effettuata per le sole sorgenti presenti nella Macroarea Nord dello stabilimento.

Le elaborazioni condotte dallo Studio Sanitas, hanno riguardato l'intero sito Lucchini, includendo pertanto anche la Macroarea Sud, e hanno avuto lo scopo di valutare sia il rischio sanitario cancerogeno e non cancerogeno per i bersagli umani (lavoratori del sito), sia il rischio ambientale per la falda idrica sotterranea.

Le valutazioni del rischio sono state effettuate sia in modalità diretta, con lo scopo di calcolare i valori di rischio derivanti dalla contaminazione presente nel sito (in analogia a quanto già fatto da ARPAT), sia in modalità inversa, con lo scopo di determinare le Concentrazioni Soglia di Rischio sito-specifiche (CSR come previsto dal D. Lgs. 152/2006) per tutti i parametri aventi valori di concentrazione superiori alle CSC nelle diverse matrici ambientali.

La procedura di Analisi di Rischio è stata condotta in conformità ai criteri dettati dalle linee guida APAT "*Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati*" (Rev. 2 del maggio 2008), documento che prende a riferimento i principi della procedura di analisi di rischio RBCA (*Risk Based Corrective Action*) descritta negli standard prodotti dall'ASTM.

Per la determinazione del valore del rischio sanitario e ambientale ed il calcolo delle CSR sito-specifiche è stato utilizzato il modello di calcolo del software RISKNET versione 1.0, sviluppato a cura del Dipartimento di Ingegneria Civile dell' Università di Roma "Tor Vergata".

I database dei parametri chimico-fisici e tossicologici degli inquinanti utilizzati per l'analisi sono stati aggiornati con la revisione della Banca Dati ISS-INAIL del luglio 2014 disponibile sul sito dell'Istituto Superiore di Sanità.

Prima di riportare la sintesi dei risultati della procedura di AdR svolta, è opportuno effettuare delle considerazioni preliminari mettendo a confronto i criteri alla base dell'AdR condotta da Arpat e quelli assunti nell'elaborazione effettuata da Sanitas.

L'elaborazione svolta da Arpat è stata effettuata per la sola macroarea nord, partendo dal presupposto di rimuovere i livelli di contaminazione presenti nel suolo con concentrazioni superiori di 10 volte la relativa CSC (definiti Hot Spot), prevedendo in corrispondenza di essi la rimozione del suolo contaminato fino all'obiettivo di raggiungimento di concentrazioni inferiori a $10 \times [CSC]$.

Il documento prodotto da Arpat riporta, oltre ai risultati dell'AdR svolta, una stima di dettaglio dei volumi massimi e minimi previsti per la rimozione del terreno interessato da Hot Spot per entrambi le macroaree, nord e sud, dalla quale si evince quanto riassunto in Tabella 1 seguente.

AREA	STIMA VOLUME MINIMO (M³)\	STIMA VOLUME MASSIMO (M³)
MACROAREA NORD	34.607,94	67.137,09
MACROAREA SUD	115.955	174.956
TOTALE	150.563	242.093

Tabella 1: Stima volumi di scavo per rimozione Hot Spot nei suoli (Arpat, Aprile 2014).

Tale stima è risultata di notevole utilità nel poter considerare non applicabile l'ipotesi di rimozione preliminare degli Hot Spot presenti nel suolo (anche in riferimento al volume minimo di scavo), in quanto tale ipotesi da una parte non comporterebbe alcun significativo beneficio dal punto di vista sia ambientale che sanitario (i risultati dell'AdR effettuata senza l'ipotesi di rimozione degli hot-spot non mostrano alcuna differenza significativa rispetto alla simulazione effettuata da ARPAT nell'ipotesi di rimuovere gli hot-spot), dall'altra comporterebbe invece un costo economicamente non sostenibile (attività di scavo e costi di smaltimento) ed assolutamente sproporzionato rispetto alla scarsa valenza sanitaria/ambientale di tale intervento; oltretutto occorre tenere presente che

un'eventuale attività di rimozione di quanto sopra, non si configurerebbe, comunque, come intervento risolutivo di bonifica completa dei suoli, ma soltanto come parziale riduzione delle concentrazioni massime riscontrate dalle attività di caratterizzazione.

Oltre a ciò, gli ingenti volumi oggetto di scavo, dovrebbero essere movimentati non solo internamente al sito, in contemporaneità con la riattivazione del processo produttivo, ma anche esternamente ad esso verso le destinazioni finali di smaltimento; questo genererebbe inevitabilmente degli impatti sulla rete viaria e sull'ambiente circostante lo stabilimento sicuramente poco sostenibili (traffico veicolare, emissioni di polveri, rumore...).

Con questi presupposti di rimozione degli Hot Spot nel suolo, i risultati dell'AdR conseguiti da Arpat sono stati (si ricorda, per la sola macroarea nord):

- assenza di rischio cancerogeno e non cancerogeno derivante dal percorso di inalazione vapori indoor ed outdoor;
- presenza di rischio legato ai percorsi di esposizione per vie dirette (contatto dermico ed ingestione di polveri).

Pertanto, Arpat arriva alla conclusione di ipotizzare la realizzazione di una pavimentazione da effettuarsi in corrispondenza delle concentrazioni superiori alle CSC di riferimento e generanti rischio per le vie dirette.

Considerando le stime volumetriche effettuate da Arpat, l'approccio all'elaborazione di AdR condotta da Sanitas è stato quello di considerare il dataset completo dei risultati di caratterizzazione disponibili, ovvero tutte le concentrazioni superiori alle CSC di riferimento.

Con questo approccio sono stati calcolati i rischi cancerogeno e non cancerogeno derivanti da tutti i contaminanti coinvolti per le vie di esposizione già considerate nell'elaborazione svolta da Arpat (vie dirette ed inalazione vapori indoor ed outdoor) e le conseguenti Concentrazioni Soglia di Rischio (di seguito CSR) da considerarsi i nuovi obiettivi sito-specifici di bonifica.

Sulla base dei risultati conseguiti, di seguito descritti, si anticipa quanto viene proposto nel presente documento, in corrispondenza delle zone caratterizzate da rischi non accettabili si prevede di intervenire per interrompere il percorso di esposizione generante rischio.

Anticipando brevemente i risultati dell'AdR svolta per i suoli da Sanitas, al fine di fornire un quadro riassuntivo in continuità con quanto già esposto, i risultati dell'AdR di Sanitas sono stati (si ricorda, sia per la macroarea nord che la macroarea sud):

- **MACROAREA NORD**
 - rischio cancerogeno per le vie dirette per As e IPA e per inalazione di vapori outdoor per PCB, derivante dal comparto ambientale suolo superficiale;

- **MACROAREA SUD**
 - rischio cancerogeno per le vie dirette per As e IPA, derivante dal comparto ambientale suolo superficiale;
 - rischio non cancerogeno per le vie dirette per As, derivante dal comparto ambientale suolo superficiale.

Sulla base dei rischi non accettabili, gli interventi di MISO proposti nel presente documento, hanno l'obiettivo di intervenire per interrompere i percorsi di esposizione generanti rischio per i percorsi di esposizione vie dirette e inalazione di vapori outdoor, in corrispondenza dei valori di rischio calcolati non accettabili.

Nel corrente capitolo viene fornito un breve riassunto della procedura di AdR sviluppata, i criteri adottati ed i relativi risultati che costituiscono il punto di partenza per lo sviluppo della presente proposta di strategia finalizzata alla definizione degli interventi di Messa in Sicurezza Operativa per il sito Lucchini, così come previsto dall'art. 252-bis del D. Lgs. 152/2006 e s.m.i. e degli artt. 5 e 6 dell'AdP del 24/04/2014.

3.1 METODOLOGIA UTILIZZATA

Il procedimento di valutazione del rischio descritto dal protocollo dell'ASTM (American Society for Testing and Materials) denominato RBCA (Risk-Based Corrective Action), che è stato preso a riferimento dalle Linee Guida italiane redatte dall'APAT e sopraccitate, si basa sul confronto tra i livelli di rischio per la salute umana che si determinano per effetto della contaminazione presente nel sito, stimati mediante l'utilizzo di modelli matematici (analitici), con i livelli di rischio considerati "accettabili" sulla base di standard definiti in relazione alle caratteristiche tossicologiche dei contaminanti di riferimento. Il procedimento generale utilizzato è il seguente:

1. Costruzione del modello concettuale ai fini dell'analisi di rischio: sulla base dei risultati delle indagini ambientali di caratterizzazione si è proceduto alla ricostruzione delle tre componenti principali che costituiscono l'Analisi di Rischio, ovvero le sorgenti di contaminazione, le modalità di trasporto ed i bersagli/recettori;
2. Impostazione di modelli "Fate & Transport" che permettono di calcolare la concentrazione del contaminante che entra in contatto con i recettori umani identificati: tali modelli non sono utilizzati quando l'esposizione è diretta, ovvero quando la sorgente è direttamente a contatto con il recettore (p. es. contatto dermico con il suolo contaminato);
3. Calcolo dei valori di Rischio Cancerogeno e Non Cancerogeno (modalità diretta o forward): sulla base delle concentrazioni dei contaminanti presenti nelle matrici ambientali di interesse, di parametri di esposizione standard, di valori tossicologici e di dati sito specifici, vengono

calcolati i valori di rischio cancerogeno e non cancerogeno, da confrontare con i rispettivi limiti di accettabilità (si veda paragrafo successivo);

4. Calcolo della massima concentrazione ammissibile in sorgente per ogni contaminante ritrovato (CSR) sulla base dei livelli di rischio ritenuti accettabili per la salute umana (modalità inversa o backward).

3.1.1 Modalità di calcolo dei valori di rischio

A fronte dei risultati delle indagini ambientali effettuate sui campioni di terreno e di acque di falda prelevati nelle aree del sito, nel modello concettuale, conformemente a quanto specificato nelle Linee Guida APAT, le possibili sorgenti secondarie di contaminazione in grado di generare potenziali rischi non accettabili sia per la salute umana che per la falda sotterranea prese in considerazione sono il Suolo Superficiale Insaturo, il Suolo Profondo Insaturo ed il Suolo Saturo/Fase dissolta in falda. In accordo con quanto specificato nelle citate Linee Guida, il calcolo dei rischi è stato svolto in funzione delle sorgenti di contaminazione scegliendo il valore di rischio più conservativo tra quello derivante dalle modalità di esposizione che hanno luogo in ambienti aperti e quello derivante dalle modalità di esposizione che hanno luogo in ambienti chiusi.

3.1.2 Modalità di calcolo delle Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR)

L'applicazione della procedura di analisi assoluta di rischio secondo la modalità inversa (backward mode) permette il calcolo, per ogni specie chimica contaminante, degli obiettivi di bonifica sito-specifici per ciascuna sorgente di contaminazione, ossia del valore di concentrazione massimo ammissibile in corrispondenza ad ogni sorgente secondaria di contaminazione (Concentrazione Soglia di Rischio) compatibile con il livello di rischio ritenuto tollerabile per il recettore esposto.

In conformità a quanto specificato nelle Linee Guida APAT, nella presente Analisi il calcolo della CSR è stato svolto mediante l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio in modalità inversa, utilizzando le stesse equazioni applicate per il calcolo del rischio. La CSR è stata calcolata per ogni contaminante in funzione della sorgente di contaminazione e del bersaglio considerato mediante l'utilizzo del software RISKNET 1.0.

3.2 MODELLO CONCETTUALE DEL SITO

3.2.1 Sorgenti di contaminazione

Le sorgenti di contaminazione presenti sia all'interno della Macroarea nord che della Macroarea sud del sito sono state determinate sulla base dei criteri definiti nel paragrafo §3.1 delle Linee Guida APAT.

Nella delimitazione delle sorgenti di contaminazione nel suolo insaturo, sia superficiale (profondità 0÷1 m dal piano di campagna) che profondo (> 1 m da p.c.) è stata effettuata la suddivisione del sito in poligoni di influenza mediante la definizione dei poligoni di Thiessen. Vengono individuate come sorgenti spazialmente distinte (ovvero tutte le sorgenti che possono potenzialmente determinare dei rischi per lo stesso ricettore sulla stessa area di esposizione che non hanno continuità spaziale) l'insieme di tutti i poligoni per cui c'è stato il superamento delle CSC per almeno un contaminante e che hanno continuità spaziale. I poligoni che non presentano superamento delle CSC vengono inclusi nella delimitazione della sorgente e nel calcolo della concentrazione rappresentativa, laddove soddisfino i criteri dell'analisi di vicinato definiti nel paragrafo §3.1.1.b delle Linee Guida APAT (ovvero nel caso in cui l'analisi del vicinato indichi che la maggior parte dei poligoni adiacenti supera le CSC).

In base ai criteri suddetti, nella Macroarea nord del sito complessivamente sono state individuate:

- Suolo Superficiale n. 19 sorgenti distinte
- Suolo Profondo n. 29 sorgenti distinte

In base agli stessi criteri, nella Macroarea Sud del sito complessivamente sono state individuate:

- Suolo Superficiale n. 22 sorgenti distinte
- Suolo Profondo n. 24 sorgenti distinte

In conformità a quanto previsto dalle Linee Guida APAT, per ognuna delle sorgente spazialmente distinte di cui sopra è stata eseguita una specifica elaborazione dell'analisi del rischio.

Nelle planimetrie riportate in Figura 10 e Figura 11 sono individuate tutte le sorgenti di contaminazione rispettivamente nel suolo superficiale e nel suolo profondo della Macroarea Nord, mentre in Figura 12 e Figura 13 sono individuate tutte le sorgenti di contaminazione rispettivamente nel suolo superficiale e nel suolo profondo della Macroarea Sud ; in campitura di colore rosso sono individuati i poligoni di Thiessen che presentano il superamento delle CSC per almeno un parametro, mentre in campitura di colore arancio sono individuati i poligoni con valori inferiori alle CSC ma ricompresi nella sorgente per il criterio del vicinato.

Per quanto attiene la falda superficiale, poiché non è stato possibile individuare una soluzione di continuità nella contaminazione riscontrata nei campioni di acqua prelevati dai vari piezometri presenti nel sito, l'estensione della sorgente di contaminazione in falda è stata posta pari all'estensione della intera Macroarea Nord e pari a quella dell'intera Macroarea Sud.



Figura 10: Sorgenti di contaminazione nel Suolo Superficiale – Macroarea NORD.

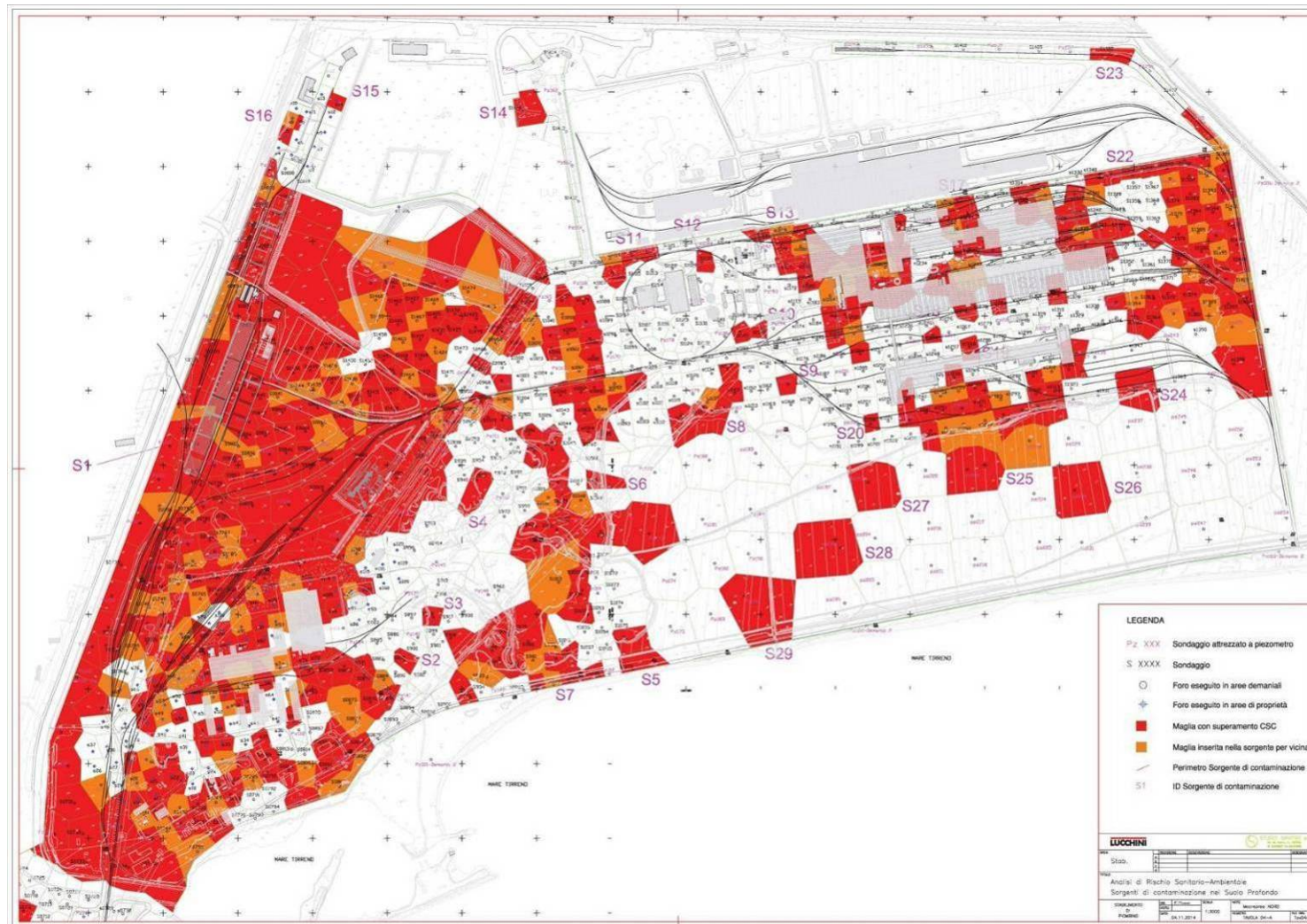


Figura 11: Sorgenti di contaminazione nel Suolo Profondo – Macroarea NORD.

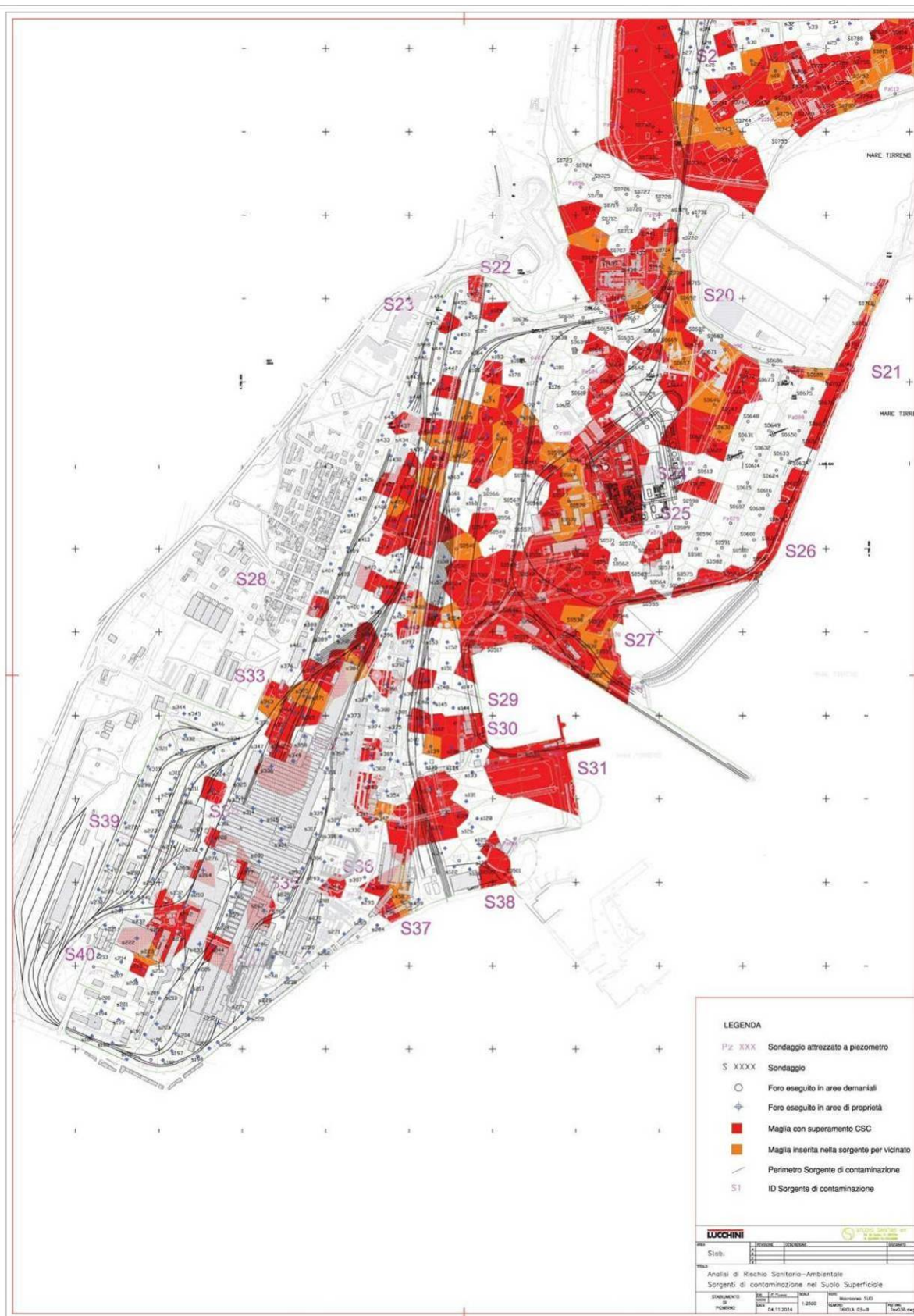


Figura 12: Sorgenti di contaminazione nel Suolo Superficiale – Macroarea SUD.

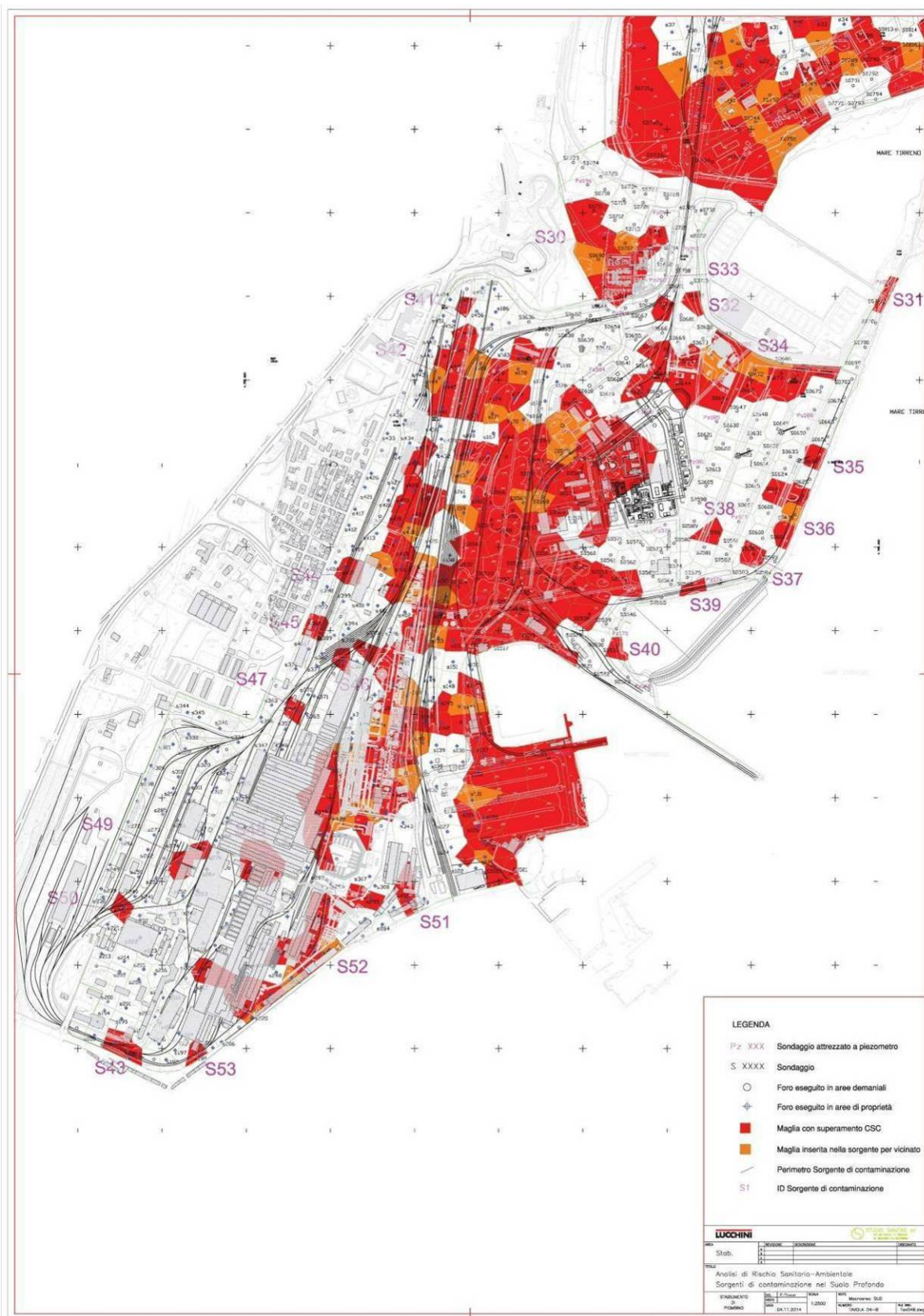


Figura 13: Sorgenti di contaminazione nel Suolo Profondo – Macroarea SUD.

3.2.2 Vie di esposizione

Nella modellizzazione del sito per entrambe le macro-aree sono stati considerati attivi tutti i Percorsi di Esposizione sia *outdoor* che *indoor* verso i bersagli umani on-site e verso la risorsa idrica sotterranea, ovvero:

**Bersagli umani
(Rischio sanitario)**

- Ingestione di suolo e contatto dermico da Suolo superficiale
- Inalazione di polveri da Suolo superficiale (sia indoor che outdoor)
- Inalazione di vapori da Suolo superficiale (sia indoor che outdoor)
- Inalazione di vapori da Suolo profondo (sia indoor che outdoor)
- Inalazione di vapori da Falda (sia indoor che outdoor)

**Bersaglio falda
(Rischio ambientale)**

- Dilavamento e lisciviazione in falda da Suolo superficiale
- Dilavamento e lisciviazione in falda da Suolo profondo
- Contaminazione diretta in falda

Occorre sottolineare che il modello concettuale utilizzato nella presente analisi risulta fortemente conservativo, in quanto non tiene conto degli elementi già allo stato attuale presenti in alcune aree del sito (pavimentazioni in cemento, strade e piazzali in asfalto, ecc.) che comportano l'interruzione di alcuni percorsi di esposizione verso i bersagli umani (in particolare i percorsi diretti di ingestione, contatto dermico ed inalazione di polveri da suolo superficiale), con la conseguente riduzione del valore assoluto del rischio sanitario.

3.2.3 Bersagli della contaminazione

In conformità ai criteri definiti nel paragrafo §3.4 delle Linee Guida APAT, i bersagli della contaminazione presi a riferimento ai fini dell'esecuzione dell'analisi di rischio dal punto di vista sanitario sono quelli esclusivamente umani. La destinazione d'uso delle aree oggetto dell'Analisi di rischio è integralmente di tipo industriale, e tale si prevede rimanga in futuro; vengono pertanto considerati come bersagli umani esclusivamente soggetti adulti, ovvero i lavoratori del sito.

3.3 SINTESI DEI RISULTATI

Di seguito si riporta una sintesi dei risultati ottenuti a seguito dell'elaborazione della procedura di AdR condotta da Sanitas, per il dettaglio dei quali si rimanda al documento "Analisi del rischio sanitario ed ambientale sito-specifica ex art. 242, comma 4 del D. Lgs. 152/2006.

3.3.1 Rischio Sanitario Macroarea Nord

3.3.1.1 Rischio cancerogeno

Nella macroarea Nord il rischio sanitario per i lavoratori del sito da sostanze cancerogene risulta sempre accettabile per tutte le sorgenti di contaminazione nel suolo insaturo profondo e nel suolo saturo/falda.

Per quanto attiene le sorgenti nel suolo insaturo superficiale, il rischio cumulato, derivante dai diversi percorsi di esposizione considerati, risulta accettabile per tutti i contaminanti ad eccezione di quelli sotto elencati:

- Arsenico: il rischio sanitario risulta non accettabile in corrispondenza delle sorgenti di contaminazione S01, S03, S04, S05, S06 ed S08; in tutti i casi il rischio risulta associato esclusivamente ai percorsi di esposizione diretti per ingestione e per contatto dermico, mentre il contributo al rischio cumulato derivante dal percorso di esposizione per inalazione di polveri, sia outdoor che indoor, risulta scarsamente significativo. Quanto sopra implica che nelle aree del sito dove risultano presenti già allo stato attuale interruzioni dei percorsi di esposizione diretti (ad esempio pavimentazioni in asfalto o cemento) il rischio sanitario cancerogeno per il parametro Arsenico risulta accettabile.
- Alcuni composti della famiglia degli IPA (Benzo(a)antracene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Indenopirene, Benzo (a)pirene, Dibenzo(a,h)antracene), per i quali il rischio sanitario risulta non accettabile in corrispondenza delle sorgenti S01, S09, S13 e S15 (in quest'ultima sorgente per il solo parametro Benzo(b)fluorantene); in tutti i casi il rischio sanitario risulta associato ai percorsi di esposizione diretti per ingestione e per contatto dermico, mentre il percorso di esposizione per inalazione di vapori outdoor, sebbene in alcuni casi (sorgente S01) risulti contribuire in modo significativo al valore del rischio cumulato, di per se presenta un rischio sempre accettabile in corrispondenza di tutte le sorgenti. Quanto sopra significa pertanto che anche per gli IPA, nelle aree del sito dove risultano presenti già allo stato attuale delle interruzioni dei percorsi di esposizione diretti (es. pavimentazioni), il rischio sanitario cancerogeno risulta accettabile.

- PCB: il rischio sanitario risulta non accettabile in corrispondenza delle sorgenti di contaminazione S01 e S09. Nel primo caso (sorgente S01,) il rischio cumulato nei percorsi di esposizione outdoor è associato al contributo derivante sia dai percorsi diretti per ingestione e contatto dermico (che peraltro di per se presentano valori di rischio accettabili) che dal percorso per inalazione di vapori (che di per se presenta un valore di rischio appena superiore al valore di riferimento di 10^{-6}); nel secondo caso invece (sorgente S09) il contributo prevalente al rischio cumulato deriva dai percorsi di esposizione diretti per ingestione e contatto dermico, mentre il percorso per inalazione di vapori presenta un valore di rischio accettabile.

3.3.1.2 Rischio non cancerogeno

Nella macroarea Nord il rischio sanitario (Hazard Index) per i lavoratori del sito da sostanze non cancerogene risulta sempre accettabile per tutte le sorgenti contaminazione nel suolo insaturo profondo e nel suolo saturo/falda.

Per quanto attiene le sorgenti nel suolo insaturo superficiale, l'hazard index risulta accettabile per tutti i contaminanti ad eccezione dei seguenti:

- Mercurio: l'hazard index non cancerogeno per tale parametro risulterebbe non accettabile in corrispondenza della sola sorgente di contaminazione S01; il rischio risulta associato esclusivamente al percorso di esposizione per inalazione di vapori outdoor. In merito a quanto sopra merita sottolineare che il valore della tensione di vapore del mercurio (e quindi la sua volatilità) dipendono fortemente dallo stato di ossidazione in cui tale elemento viene ritrovato: in particolare, la tensione di vapore risulta avere un valore significativo soltanto nel caso del mercurio metallico (numero di ossidazione 0), mentre nei composti ossidati di Hg (numero di ossidazione +2 o +1) la tensione di vapore risulta sempre trascurabile e il composto è di fatto non volatile. Nel caso in questione, pur in assenza di una analisi specifica dello stato di ossidazione del mercurio ritrovato nei campioni di suolo, stante la natura delle attività industriali che sono state esercitate sul sito nel corso degli anni (che non hanno mai comportato utilizzo di mercurio metallico in nessuna fase del processo), è ragionevole presupporre che il mercurio ritrovato nel sito sia presente in forma esclusivamente ossidata (anche in ragione del fatto che in ogni caso il mercurio metallico eventualmente presente nel suolo col tempo tende naturalmente a degradare in forme ossidate) e pertanto che la via di migrazione per volatilizzazione di tale elemento risulti di fatto inattiva. Il rischio sanitario derivante dalla presenza di mercurio, che risulta associato esclusivamente al percorso di esposizione per inalazione di vapori, è pertanto già allo stato attuale accettabile.

3.3.2 Rischio Sanitario Macroarea Sud

3.3.2.1 Rischio cancerogeno

Il rischio sanitario per i lavoratori del sito da sostanze cancerogene risulta sempre accettabile per tutte le sorgenti contaminazione nel suolo insaturo profondo e nel suolo saturo/falda.

Per quanto attiene invece le sorgenti nel suolo insaturo superficiale), il rischio cumulato risulta accettabile per tutti i contaminanti ad eccezione di quelli sotto elencati:

- Arsenico: anche per le sorgenti localizzate nella Macroarea Sud il rischio sanitario risulta associato esclusivamente ai percorsi di esposizione diretti per ingestione e per contatto dermico, mentre il contributo al rischio cumulato derivante dal percorso di esposizione per inalazione di polveri, sia outdoor che indoor, risulta scarsamente significativo. Valgono pertanto le stesse considerazioni effettuate relativamente alla Macroarea Nord del sito in merito al fatto che, stante quanto sopra, nelle aree dove risultano presenti già allo stato attuale interruzioni dei percorsi di esposizione diretti il rischio sanitario cancerogeno per il parametro Arsenico risulta accettabile.
- Alcuni composti della famiglia degli IPA (Benzo(a)antracene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Indenopirene, Benzo (a)pirene, Dibenzo(a,h)antracene), per i quali il rischio sanitario risulta non accettabile in corrispondenza delle sorgenti S20, S27, S31, S32 e S37. Anche per le sorgenti localizzate nella Macroarea Sud il rischio risulta associato ai percorsi di esposizione diretti per ingestione e per contatto dermico, mentre i percorsi di esposizione per inalazione di polveri e vapori (sia outdoor che indoor) presentano un rischio sempre accettabile in corrispondenza di tutte le sorgenti. Quanto sopra, analogamente a quanto rappresentato per la Macroarea Nord, significa che anche per quanto attiene agli IPA nelle aree del sito dove risultano presenti già allo stato attuale interruzioni dei percorsi di esposizione diretti il rischio sanitario cancerogeno risulta accettabile.
- Clorometano: per questo contaminante si sottolinea che il rischio sanitario, che risulterebbe associato esclusivamente al percorso di esposizione per inalazione di vapori indoor, deriva da una sorgente puntiforme (il superamento della CSC è stato riscontrato in un singolo campione in corrispondenza del sondaggio S0186) collocata in una zona dove non c'è presenza di alcun tipo di edificio; pertanto il rischio sanitario associato al clorometano risulta di fatto accettabile già nella situazione attuale.

3.3.2.2 Rischio non cancerogeno

Il rischio sanitario (Hazard Index) per i lavoratori del sito da sostanze non cancerogene risulta sempre accettabile per tutte le sorgenti contaminazione nel suolo insaturo profondo e nel suolo saturo/falda.

Per quanto attiene invece le sorgenti nel suolo insaturo superficiale l'hazard index risulta accettabile per tutti i contaminanti ad eccezione dei seguenti:

- Arsenico: l'hazard index non cancerogeno risulta non accettabile in corrispondenza della sola sorgente di contaminazione S027; il rischio risulta associato esclusivamente ai percorsi di esposizione diretti per ingestione e per contatto dermico, mentre il contributo al rischio cumulato derivante dal percorso di esposizione per inalazione di polveri, sia outdoor che indoor, risulta scarsamente significativo.

3.3.3 Rischio Ambientale

3.3.3.1 Macroarea Nord Macroarea Nord

Il rischio ambientale associato al percorso di lisciviazione in falda da suolo insaturo superficiale risulta accettabile per tutti i parametri, ad eccezione di alcuni metalli (As, Hg, Pb, Sb, Se, Zn), del PCB e di alcuni composti della famiglia degli IPA. Per quanto attiene gli Idrocarburi C>12, prendendo a riferimento la speciazione relativa alle analisi effettuate da ISS in una porzione del sito il rischio ambientale cumulato risulterebbe non accettabile; la sola componente che contribuisce in modo significativo al rischio cumulato da idrocarburi pesanti sono gli Aromatici C11-C22.

Il rischio ambientale associato al percorso di lisciviazione in falda da suolo insaturo profondo risulta accettabile per tutti i contaminanti ad eccezione di alcuni metalli (As, Cd, Co, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Se, Zn), del PCB, del Benzene e di alcuni composti della famiglia degli IPA. Per quanto attiene gli Idrocarburi C>12 vale la stessa considerazione fatta in merito al rischio derivante dal suolo superficiale, il rischio ambientale cumulato risulta non accettabile con contributo significativo della sola componente Aromatici C11-C22.

Per quanto attiene al rischio ambientale associato alla contaminazione diretta in falda, poiché il punto di conformità è stato posto in corrispondenza del perimetro del sito e l'estensione della sorgente di contaminazione ricomprende l'intera macroarea Nord, il rischio ambientale risulta non accettabile per tutti i parametri per i quali la Concentrazione Rappresentativa alla Sorgente risulta superiore alle CSC di cui alla Tabella 2 dell'Allegato 5 alla Parte IV, Titolo Quinto del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii.

3.3.3.2 Macroarea Sud

Il rischio ambientale associato al percorso di lisciviazione in falda da suolo insaturo superficiale risulta accettabile per tutti i parametri, ad eccezione di alcuni metalli (As, Cu, Pb, Sb, Se), del Clorometano e di alcuni composti della famiglia degli IPA. Per quanto attiene gli Idrocarburi C>12, prendendo anche in questo caso a riferimento la speciazione relativa alle analisi effettuate da ISS il rischio ambientale risulta accettabile per tutte le sorgenti individuate nel suolo superficiale, mentre il rischio cumulato risulterebbe appena superiore al limite di accettabilità; ancora una volta la sola componente che contribuisce in modo significativo al rischio cumulato da idrocarburi pesanti sono gli Aromatici C11-C22.

Il rischio ambientale associato al percorso di lisciviazione in falda da suolo insaturo profondo risulta accettabile per tutti i contaminanti ad eccezione di alcuni metalli (As, Cr_{VI}, Cu, Pb, Sb, Se), del Benzene e di alcuni composti della famiglia degli IPA. Per quanto attiene gli Idrocarburi C>12 il rischio ambientale cumulato risulterebbe non accettabile anche in questo caso con contributo significativo della sola componente Aromatici C11-C22.

Per quanto attiene al rischio ambientale associato alla contaminazione diretta in falda, valgono le stesse considerazioni effettuate in merito alla sorgente della macroarea Nord: poiché il punto di conformità è posto in corrispondenza del perimetro del sito e l'estensione della sorgente di contaminazione ricomprende l'intera macroarea sud, il rischio ambientale risulta non accettabile per tutti i parametri per i quali la Concentrazione Rappresentativa alla Sorgente risulta superiore alle CSC ex D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii.

3.3.4 Concentrazioni Soglia di Contaminazione

Nelle seguenti tabelle vengono riassunte le Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR) ai sensi del D.Lgs. 152/2006 determinate sulla base dell'applicazione in modalità inversa della procedura di analisi di rischio sito-specifica per ogni possibile sorgente di contaminazione (Suolo Superficiale, Suolo Profondo e Falda) nelle due distinte macroaree Nord e Sud dello stabilimento Lucchini.

I criteri adottati nella determinazione delle CSR sono i seguenti:

1. Per ogni matrice ambientale (SS, SP e F) è stata selezionata la CSR più cautelativa (valore assoluto minore) tra quelle derivanti dalle singole sorgenti di contaminazione individuate nella specifica macroarea;

2. Per quanto riguarda gli Idrocarburi C>12, è stata selezionata la CSR più cautelativa tra quelle calcolate per le singole famiglie di idrocarburi prese a riferimento nella speciazione (Alifatici C9-C18, Alifatici C19-C36, Aromatici C11-C22);
3. Nel caso la CSR sia risultata maggiore della concentrazione di saturazione (C_{sat}) di un certo contaminante, la CSR è stata posta pari alla C_{sat} ;
4. Nel caso in cui per un certo contaminante la CSR sia risultata inferiore alla CSC stabilita dal D.Lgs. 152/06, la CSR è stata posta pari alla CSC.

Nelle seguenti Tabella 2 e Tabella 3 sono riportate le CSR calcolate per le due macroaree del sito rispettivamente per le sorgenti nel Suolo insaturo Superficiale e per le sorgenti nel Suolo insaturo Profondo.

PARAMETRO	CSC (mg/kg)	CSR Suolo Superficiale (mg/kg)	
		MACROAREA <u>NORD</u>	MACROAREA <u>SUD</u>
As	50	50	50
Be	10	971	-
Cd	15	52	672
Cr totale	800	5,22E+05	1,00E+06
Cu	600	600	1095
Pb	1000	1000	1000
Sb	30	30	30
Se	15	15	15
V	250	3185	3234
Zn	1500	3860	49669
Hg	5	5	5
PCB	5	5	-
Pirene	50	132	22577
Benzo(a) antracene	10	10	10
Crisene	50	50	50
Benzo(b) fluorantene	10	10	10
Benzo(K) fluorantene	10	10	10
Benzo(a) pirene	10	10	10
Dibenzo(a,h) antracene	10	10	10
Benzo(g,h,i) perilene	10	10	22577
Indeno pirene	5	5	5
Cloro metano	5	-	5
Idrocarburi C>12	750	750	750

Tabella 2: Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR) per le sorgenti nel Suolo insaturo Superficiale.

PARAMETRO	CSC (mg/kg)	CSR Suolo Profondo (mg/kg)	
		MACROAREA <u>NORD</u>	MACROAREA <u>SUD</u>
As	50	50	50
Be	10	629	3258
Cd	15	26	175
Co	250	250	-
Cr totale	800	2,61E+05	1,00E+06
Cr VI	15	-	15
Cu	600	600	600
Ni	500	500	500
Pb	1000	1000	1000
Sb	30	30	30
Se	15	15	15
V	250	1,00E+06	1,00E+06
Zn	1500	1929	12951
Hg	5	5	5
Fluoruri	2000	2000	-
PCB	5	5	-
Benzene	2	2	2
Pirene	50	65,9	147
Benzo(a) antracene	10	10	10
Crisene	50	50	50
Benzo(b) fluorantene	10	10	10
Benzo(K) fluorantene	10	10	10
Benzo(a) pirene	10	10	10
Dibenzo(a,h) antracene	10	95,2	95
Benzo(g,h,i) perilene	10	10	10
Indenopirene	5	5	7,4
Idrocarburi C>12	750	750	750

Tabella 3: Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR) per le sorgenti nel Suolo insaturo Profondo.

Per quanto attiene infine le Concentrazioni Soglia di Rischio calcolate per le sorgenti nel suolo saturo/falda, poichè il punto di conformità in falda è stato posto in corrispondenza del perimetro del sito, il rischio ambientale derivante dalla contaminazione diretta in falda risulterà accettabile esclusivamente se la concentrazione di un dato parametro risulta inferiore alla specifica CSC. Per quanto sopra esposto in entrambe le macroaree del sito le CSR calcolate per tutti i parametri risultano pari alle CSC ex Tabella 2 dell'Allegato 5 alla Parte Quarta, Titolo V del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii..

4 PROPOSTA PROGETTUALE DI INTERVENTO

4.1 VALUTAZIONI IN MERITO AI RISULTATI DELL'ADR

Alla luce di quanto illustrato, occorre sottolineare che, relativamente al comparto ambientale falda sotterranea, in relazione agli interventi di messa in sicurezza della falda da realizzare nelle aree di proprietà e in concessione demaniale della LUCCHINI S.p.A. in A.S., come previsto e riportato in Tabella 2 dell'art.6 dell'AdP, è stata sviluppata una proposta progettuale da parte di INVITALIA e approvata nel corso della Conferenza dei Servizi del 23/07/2014.

Parallelamente, per quanto riguarda il comparto ambientale suolo, si sottolinea come la procedura di AdR sanitaria elaborata abbia evidenziato rischi cancerogeni e/o non cancerogeni non accettabili per il solo comparto suolo superficiale, risultando, di fatto, accettabili tutti i rischi derivanti dal comparto suolo profondo (insaturo e saturo).

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva (Tabella 4) di ciascun contaminante generante rischio con indicazione della sorgente di contaminazione specifica e delle vie di esposizione, suddivisa per macroarea.

MACROAREA NORD				
Contaminanti generanti rischio	CSC	CSR	Sorgenti	Vie di esposizione
As	50	50	SS01-SS03-SS04-SS05-SS06-SS08	VIE DIRETTE
PCB	5	5	SS01	INALAZIONE VAPORI
PCB	5	5	SS09	VIE DIRETTE
Benzo(a)antracene	10	10	SS01-SS09-SS13-SS15	VIE DIRETTE
Benzo(b)fluorantene	10	10	SS01-SS09-SS13-SS15	VIE DIRETTE
Benzo(K)fluorantene	10	10	SS01-SS09-SS13-SS15	VIE DIRETTE
Benzo(a)pirene	10	10	SS01-SS09-SS13-SS15	VIE DIRETTE
Dibenzo(a,h)antracene	10	10	SS01-SS09-SS13-SS15	VIE DIRETTE
Indenopirene	5	5	SS01-SS09-SS13-SS15	VIE DIRETTE
MACROAREA NORD				
Contaminanti generanti rischio	CSC	CSR	Sorgenti	Vie di esposizione
As	50	50	SS20:SS41	VIE DIRETTE
Benzo(a)antracene	10	10	SS20-SS27-SS31-SS32-SS37	VIE DIRETTE
Benzo(b)fluorantene	10	10	SS20-SS27-SS31-SS32-SS37	VIE DIRETTE
Benzo(K)fluorantene	10	10	SS20-SS27-SS31-SS32-SS37	VIE DIRETTE
Benzo(a)pirene	10	10	SS20-SS27-SS31-SS32-SS37	VIE DIRETTE
Dibenzo(a,h)antracene	10	10	SS20-SS27-SS31-SS32-SS37	VIE DIRETTE
Indenopirene	5	5	SS20-SS27-SS31-SS32-SS37	VIE DIRETTE

Tabella 4: Elenco contaminanti generanti rischio e vie di esposizione.

In merito a quanto già riportato al paragrafo 3.3.1.2, relativamente al rischio non accettabile associato esclusivamente al parametro Mercurio per il percorso di esposizione per inalazione di vapori outdoor in corrispondenza della sola sorgente di contaminazione S01, occorre sottolineare che si ritiene di poter considerare che il mercurio ritrovato nel sito sia presente in forma esclusivamente ossidata (anche in ragione del fatto che in ogni caso il mercurio metallico eventualmente presente nel suolo col tempo tende naturalmente a degradare in forme ossidate) e pertanto che la via di migrazione per volatilizzazione di tale elemento risulti di fatto inattiva. Il rischio sanitario derivante dalla presenza di mercurio, che risulta associato esclusivamente al percorso di esposizione per inalazione di vapori, è, pertanto, da considerarsi già allo stato attuale accettabile.

Di seguito, invece, sono riportate tabelle per ciascun contaminante generante rischio con l'elenco dei poligoni di Thiessen caratterizzati dal superamento delle CSR specifica per la relativa sorgente di appartenenza e la relativa estensione superficiale (in mq).

Di seguito si riportano le tabelle:

Tabella 5: PCB: Elenco poligoni con rischio non accettabile (Macroarea Nord).

Tabella 6: IPA: Elenco poligoni con rischio non accettabile (Macroarea Nord).

Tabella 7: IPA: Elenco poligoni con rischio non accettabile (Macroarea Sud).

Tabella 8: Arsenico: Elenco poligoni con rischio non accettabile (Macroarea Nord).

Tabella 9: Arsenico: Elenco poligoni con rischio non accettabile (Macroarea Sud).

PCB	MACROAREA NORD		
	POLIGONO THIESSEN	SORGENTE	RISCHIO
S1242	S01	INALAZIONE VAPORI	3,785.00
PZ201	S01	INALAZIONE VAPORI	2,561.00
S1187	S01	INALAZIONE VAPORI	2,905.00
S1194	S01	INALAZIONE VAPORI	8,378.00
S1264	S01	INALAZIONE VAPORI	1,823.00

PCB	MACROAREA NORD		
POLIGONO THIESSEN	SORGENTE	RISCHIO	AREA (mq)
S1149	S01	INALAZIONE VAPORI	2,316.00
S0971	S01	INALAZIONE VAPORI	1,691.00
S0918	S01	INALAZIONE VAPORI	5,163.00
PZ177	S09	VIE DIRETTE	2,818.00
PCB	TOTALE	INALAZIONE VAPORI	28,622.00
PCB	TOTALE	VIE DIRETTE	2,818.00

Tabella 5: PCB: Elenco poligoni con rischio non accettabile (Macroarea Nord).

IPA	MACROAREA NORD			
POLIGONO THIESSEN	SORGENTE	RISCHIO	AREA (mq)	NOTE
				-
S0099	SS01	VIE DIRETTE	1,992.00	-
S1314	SS13	VIE DIRETTE	3,242.00	-
S1242	SS01	VIE DIRETTE	3,785.00	anche per PCB Inalazione Vapori Outdoor
S1323	SS13	VIE DIRETTE	2,660.00	-
Pz243	SS15	VIE DIRETTE	7,237.00	-
S1322	SS13	VIE DIRETTE	3,040.00	-
S1311	SS13	VIE DIRETTE	3,125.00	-
S1292	SS01	VIE DIRETTE	2,125.00	-
S1269	SS01	VIE DIRETTE	3,205.00	-
S1258	SS01	VIE DIRETTE	2,671.00	-
S1250	SS01	VIE DIRETTE	2,099.00	-
S1206	SS01	VIE DIRETTE	2,382.00	-
S0786	SS01	VIE DIRETTE	2,796.00	-
S0759	SS01	VIE DIRETTE	2,438.00	-
Pz110	SS01	VIE DIRETTE	3,641.00	-
S0869	SS01	VIE DIRETTE	9,666.00	-
S0778	SS01	VIE DIRETTE	2,361.00	-
S0805	SS01	VIE DIRETTE	2,342.00	-
S0791	SS01	VIE DIRETTE	2,767.00	-
S0812	SS01	VIE DIRETTE	2,065.00	-
S0874	SS01	VIE DIRETTE	2,851.00	-
S1024	SS01	VIE DIRETTE	2,381.00	-
S1023	SS01	VIE DIRETTE	2,408.00	-
S1225	SS01	VIE DIRETTE	4,258.00	-
Pz213	SS01	VIE DIRETTE	4,291.00	-
S1254	SS01	VIE DIRETTE	3,822.00	-
S1343	SS01	VIE DIRETTE	2,837.00	-
S1334	SS01	VIE DIRETTE	2,112.00	-
S1234	SS01	VIE DIRETTE	6,229.00	-
S1285	SS01	VIE DIRETTE	1,324.00	-
S1253	SS01	VIE DIRETTE	1,620.00	-
S1121	SS01	VIE DIRETTE	2,365.00	-
S1096	SS09	VIE DIRETTE	2,034.00	-
S1115	SS09	VIE DIRETTE	4,074.00	-
S0852	SS01	VIE DIRETTE	3,294.00	-
S0876	SS01	VIE DIRETTE	4,177.00	-
S0875	SS01	VIE DIRETTE	6,493.00	-
S0887	SS01	VIE DIRETTE	2,611.00	-
S0898	SS01	VIE DIRETTE	2,586.00	-
IPA	TOTALE	VIE DIRETTE	123,621.00	

Tabella 6: IPA: Elenco poligoni con rischio non accettabile (Macroarea Nord).

IPA	MACROAREA SUD		
POLIGONO THIESSEN	SORGENTE	RISCHIO	AREA (mq)
S0403	SS27	VIE DIRETTE	2,145.00
S0353	SS37	VIE DIRETTE	4,100.00
S0368	SS32	VIE DIRETTE	2,790.00
S0529	SS27	VIE DIRETTE	4,229.00
Pz065	SS31	VIE DIRETTE	5,858.00
S1438	SS20	VIE DIRETTE	4,215.00
S0690	SS20	VIE DIRETTE	4,469.00
S0647	SS20	VIE DIRETTE	2,581.00
S0579	SS27	VIE DIRETTE	9,271.00
S0561	SS27	VIE DIRETTE	2,202.00
S0560	SS27	VIE DIRETTE	2,778.00
S0585	SS27	VIE DIRETTE	3,228.00
S0594	SS27	VIE DIRETTE	3,450.00
S0626	SS27	VIE DIRETTE	2,832.00
S0619	SS27	VIE DIRETTE	4,804.00
IPA	TOTALE	VIE DIRETTE	58,952.00

Tabella 7: IPA: Elenco poligoni con rischio non accettabile (Macroarea Sud).

ARSENICO	MACROAREA NORD			
POLIGONO THIESSEN	SORGENTE	RISCHIO	AREA (mq)	NOTE
S0077	SS01	VIE DIRETTE	2,594.00	-
S0099	SS01	VIE DIRETTE	1,992.00	anche per IPA vie dirette
S0051	SS03	VIE DIRETTE	2,226.00	-
S0079	SS05	VIE DIRETTE	4,044.00	-
Pz012	SS01	VIE DIRETTE	2,071.00	-
S0102	SS01	VIE DIRETTE	3,160.00	-
S0112	SS01	VIE DIRETTE	1,777.00	-
S0092	SS01	VIE DIRETTE	1,817.00	-
S0083	SS01	VIE DIRETTE	3,615.00	-
S0082	SS01	VIE DIRETTE	2,351.00	-
S0081	SS01	VIE DIRETTE	3,661.00	-
S0024	SS01	VIE DIRETTE	2,511.00	-
S0023	SS01	VIE DIRETTE	2,064.00	-
S0017	SS01	VIE DIRETTE	2,544.00	-
Pz004	SS01	VIE DIRETTE	2,013.00	-
S0053	SS04	VIE DIRETTE	1,583.00	-
S0113	SS01	VIE DIRETTE	3,267.00	-
S0086	SS06	VIE DIRETTE	2,500.00	-
S0098	SS06	VIE DIRETTE	2,385.00	-
S0108	SS06	VIE DIRETTE	3,377.00	-
S0115	SS06	VIE DIRETTE	2,087.00	-

ARSENICO	MACROAREA NORD			
POLIGONO THIESSEN	SORGENTE	RISCHIO	AREA (mq)	NOTE
S0095	SS01	VIE DIRETTE	3,385.00	-
S1112	SS08	VIE DIRETTE	5,917.00	-
S0781	SS01	VIE DIRETTE	3,205.00	-
S0782	SS01	VIE DIRETTE	2,198.00	-
Pz116	SS01	VIE DIRETTE	2,148.00	-
Pz133	SS01	VIE DIRETTE	6,400.00	-
S0850	SS01	VIE DIRETTE	5,904.00	-
Pz127	SS01	VIE DIRETTE	3,409.00	-
S0814	SS01	VIE DIRETTE	2,024.00	-
S0906	SS01	VIE DIRETTE	3,709.00	-
S1350	SS01	VIE DIRETTE	2,981.00	-
Pz200	SS01	VIE DIRETTE	3,479.00	-
S1181	SS01	VIE DIRETTE	5,995.00	-
S1180	SS01	VIE DIRETTE	2,746.00	-
S1170	SS01	VIE DIRETTE	2,449.00	-
S1325	SS01	VIE DIRETTE	4,203.00	-
S1169	SS01	VIE DIRETTE	1,926.00	-
S1144	SS01	VIE DIRETTE	2,406.00	-
S1128	SS01	VIE DIRETTE	2,118.00	-
S1121	SS01	VIE DIRETTE	2,365.00	anche per IPA vie dirette
Pz164	SS01	VIE DIRETTE	2,970.00	-
S0909	SS01	VIE DIRETTE	2,431.00	-
S0921	SS01	VIE DIRETTE	4,266.00	-
S0888	SS01	VIE DIRETTE	2,822.00	-
Pz143	SS01	VIE DIRETTE	2,912.00	-
ARSENICO	TOTALE	VIE DIRETTE	133,650.00	

Tabella 8: Arsenico: Elenco poligoni con rischio non accettabile (Macroarea Nord).

ARSENICO	MACROAREA SUD			
POLIGONO THIESSEN	SORGENTE	RISCHIO	AREA (mq)	NOTE
S0142	SS30	VIE DIRETTE	2,205.00	-
S0138	SS30	VIE DIRETTE	2,450.00	-
S0132	SS37	VIE DIRETTE	4,166.00	-
Pz018	SS37	VIE DIRETTE	3,051.00	-
S0141	SS30	VIE DIRETTE	3,693.00	-
S0130	SS37	VIE DIRETTE	3,447.00	-
S0129	SS37	VIE DIRETTE	1,873.00	-
S0127	SS37	VIE DIRETTE	3,950.00	-
Pz021	SS27	VIE DIRETTE	4,119.00	-
S0162	SS27	VIE DIRETTE	2,223.00	-
S0164	SS27	VIE DIRETTE	2,282.00	-
S0168	SS27	VIE DIRETTE	2,938.00	-
S0167	SS27	VIE DIRETTE	1,726.00	-
S0171	SS27	VIE DIRETTE	2,295.00	-
S0173	SS27	VIE DIRETTE	3,364.00	-

ARSENICO	MACROAREA SUD			
POLIGONO THIESSEN	SORGENTE	RISCHIO	AREA (mq)	NOTE
S0445	SS27	VIE DIRETTE	3,071.00	-
S0437	SS27	VIE DIRETTE	2,667.00	-
S0438	SS27	VIE DIRETTE	3,136.00	-
S0429	SS27	VIE DIRETTE	3,625.00	-
S0424	SS27	VIE DIRETTE	2,573.00	-
S0419	SS27	VIE DIRETTE	1,774.00	-
S0418	SS27	VIE DIRETTE	1,490.00	-
S0428	SS27	VIE DIRETTE	2,540.00	-
S0427	SS27	VIE DIRETTE	2,763.00	-
S0406	SS27	VIE DIRETTE	2,349.00	-
Pz051	SS27	VIE DIRETTE	2,972.00	-
S0414	SS27	VIE DIRETTE	2,441.00	-
S0296	SS37	VIE DIRETTE	2,701.00	-
S0308	SS37	VIE DIRETTE	3,138.00	-
S0343	SS37	VIE DIRETTE	8,815.00	-
S0407	SS27	VIE DIRETTE	2,470.00	-
S0420	SS27	VIE DIRETTE	3,322.00	-
S0341	SS37	VIE DIRETTE	2,039.00	-
S0353	SS37	VIE DIRETTE	4,100.00	anche per IPA vie dirette
S0529	SS27	VIE DIRETTE	4,229.00	anche per IPA vie dirette
S0536	SS27	VIE DIRETTE	3,648.00	-
Pz072	SS27	VIE DIRETTE	3,182.00	-
S0660	SS20	VIE DIRETTE	5,097.00	-
S0672	SS20	VIE DIRETTE	3,774.00	-
S0550	SS27	VIE DIRETTE	4,378.00	-
S0594	SS27	VIE DIRETTE	3,450.00	anche per IPA vie dirette
S0597	SS27	VIE DIRETTE	8,409.00	-
S0596	SS27	VIE DIRETTE	3,899.00	-
Pz089	SS20	VIE DIRETTE	1,936.00	-
S0457	SS22	VIE DIRETTE	2,172.00	-
S0393	SS28	VIE DIRETTE	2,169.00	-
S0377	SS33	VIE DIRETTE	2,137.00	-
S0395	SS33	VIE DIRETTE	2,739.00	-
S0391	SS33	VIE DIRETTE	2,541.00	-
S0383	SS33	VIE DIRETTE	2,058.00	-
Pz048	SS33	VIE DIRETTE	4,040.00	-
S0365	SS33	VIE DIRETTE	2,541.00	-
S0364	SS33	VIE DIRETTE	2,173.00	-
S0357	SS33	VIE DIRETTE	3,072.00	-
S0348	SS33	VIE DIRETTE	2,107.00	-
Pz047	SS33	VIE DIRETTE	2,198.00	-
S0312	SS34	VIE DIRETTE	2,924.00	-
Pz032	SS40	VIE DIRETTE	2,452.00	-
S0233	SS40	VIE DIRETTE	2,752.00	-
S0242	SS40	VIE DIRETTE	3,050.00	-

ARSENICO	MACROAREA SUD			
POLIGONO THIESSEN	SORGENTE	RISCHIO	AREA (mq)	NOTE
S0244	SS41	VIE DIRETTE	5,153.00	-
S0294	SS36	VIE DIRETTE	2,705.00	-
S0288	SS35	VIE DIRETTE	2,410.00	-
S0215	SS40	VIE DIRETTE	1,294.00	-
S0267	SS35	VIE DIRETTE	5,421.00	-
S0222	SS40	VIE DIRETTE	3,298.00	-
S0264	SS39	VIE DIRETTE	3,161.00	-
S0336	SS33	VIE DIRETTE	5,282.00	-
S0349	SS33	VIE DIRETTE	5,576.00	-
Pz076	SS26	VIE DIRETTE	2,947.00	-
S0676	SS21	VIE DIRETTE	2,075.00	-
S0701	SS21	VIE DIRETTE	1,659.00	-
ARSENICO	TOTALE	VIE DIRETTE	214,097.00	

Tabella 9: Arsenico: Elenco poligoni con rischio non accettabile (Macroarea Sud).

Inoltre, vengono inclusi tra i poligoni caratterizzati da rischio non accettabile, quei poligoni che, nonostante l'AdR abbia riscontrato assenza di rischio, soddisfano i criteri dell'analisi di vicinato, prendendo a riferimento quanto definito nel paragrafo 3.1.1.b delle Linee Guida APAT relativamente alla determinazione dell'estensione delle sorgenti di contaminazione.

Pertanto, in via estremamente cautelativa, nel caso in cui l'analisi del vicinato indichi che la maggior parte dei poligoni adiacenti sia caratterizzato da rischio non accettabile, quel poligono sarà da considerarsi, anch'esso tra quelli con presenza di rischio.

Di seguito è riportata una tabella per ciascuna macroarea (Tabella 10 e Tabella 11) in cui sono elencati tutti quei poligoni di Thiessen che secondo i criteri di analisi di vicinato sono da intendersi insieme a quelli caratterizzati da rischio non accettabile.

ANALISI VICINATO	MACROAREA NORD		
POLIGONO THIESSEN	SORGENTE	RISCHIO	AREA (mq)
S0752	SS01	VIE DIRETTE	2,031.00
S0022	SS01	VIE DIRETTE	2,373.00
S0052	SS03-SS04	VIE DIRETTE	1,691.00
S0889	SS01	VIE DIRETTE	2,223.00
S0872	SS01	VIE DIRETTE	4,845.00
S0091	SS01	VIE DIRETTE	1,851.00
S0101	SS01	VIE DIRETTE	1,882.00
S0093	SS01	VIE DIRETTE	3,730.00
PZ013	SS01	VIE DIRETTE	4,058.00

ANALISI VICINATO	MACROAREA NORD		
POLIGONO THIESSEN	SORGENTE	RISCHIO	AREA (mq)
S0107	SS06	VIE DIRETTE	2,118.00
S0780	SS01	VIE DIRETTE	2,246.00
S0779	SS01	VIE DIRETTE	2,993.00
S0197	SS09	VIE DIRETTE	2,036.00
PZ184	SS01	VIE DIRETTE	1,956.00
S1171	SS01	VIE DIRETTE	2,596.00
S1182	SS01	INALAZIONE VAPORI	3,325.00
S1224	SS01	INALAZIONE VAPORI	7,018.00
S1276	SS01	INALAZIONE VAPORI	2,281.00
S1259	SS01	VIE DIRETTE	1,995.00
S1312	SS13	VIE DIRETTE	1,888.00
S1313	SS13	VIE DIRETTE	2,026.00
ANALISI VICINATO	TOTALE	INALAZIONE VAPORI	12,624.00
ANALISI VICINATO	TOTALE	VIE DIRETTE	44,538.00

Tabella 10: Analisi di vicinato: elenco poligoni con rischio non accettabile (Macroarea Nord).

ANALISI VICINATO	MACROAREA SUD		
POLIGONO THIESSEN	SORGENTE	RISCHIO	AREA (mq)
S0295	SS37	VIE DIRETTE	1,441.00
S0458	SS37	VIE DIRETTE	4,467.00
S0342	SS37	VIE DIRETTE	2,210.00
S0354	SS37	VIE DIRETTE	3,764.00
S0362	SS37-SS32	VIE DIRETTE	2,108.00
S0139	SS30	VIE DIRETTE	2,009.00
PZ019	SS30	VIE DIRETTE	2,806.00
S0402	SS27	VIE DIRETTE	1,885.00
S0415	SS27	VIE DIRETTE	1,740.00
S0423	SS27	VIE DIRETTE	1,662.00
S0538	SS27	VIE DIRETTE	3,747.00
S0553	SS27	VIE DIRETTE	3,375.00
PZ075	SS27	VIE DIRETTE	4,351.00
S0595	SS27	VIE DIRETTE	3,434.00
PZ022	SS27	VIE DIRETTE	3,410.00
S0166	SS27	VIE DIRETTE	2,420.00

ANALISI VICINATO	MACROAREA SUD		
POLIGONO THIESSEN	SORGENTE	RISCHIO	AREA (mq)
S0170	SS27	VIE DIRETTE	1,883.00
S0169	SS27	VIE DIRETTE	1,981.00
S0174	SS27	VIE DIRETTE	2,022.00
S0175	SS27	VIE DIRETTE	3,073.00
S0441	SS27	VIE DIRETTE	3,809.00
PZ090	SS20	VIE DIRETTE	3,164.00
S384	SS33	VIE DIRETTE	3,126.00
S371	SS33	VIE DIRETTE	3,159.00
S370	SS33	VIE DIRETTE	2,221.00
S363	SS33	VIE DIRETTE	2,491.00
S223	SS40	VIE DIRETTE	2,248.00
ANALISI VICINATO	TOTALE	VIE DIRETTE	74,006.00

Tabella 11: Analisi di vicinato: elenco poligoni con rischio non accettabile (Macroarea Sud).

Parallelamente, in Allegato 2 sono riportate le planimetrie (relative alla macroarea Nord e Sud) con l'indicazione della distribuzione dei poligoni di Thiessen sulla base dei rischi non accettabili specifici associati alle diverse vie di esposizione.

In tali planimetrie, inoltre, sono riportati anche i poligoni che per analisi di vicinato, risulterebbero da considerarsi interessate da rischio, sulla base dei criteri sopra riportati.

Queste valutazioni nel loro complesso, sono finalizzate ad individuare la miglior tipologia di intervento di MISO in funzione della natura della contaminazione delle aree oggetto di rischio non accettabile.

Gli interventi proposti sono descritti al paragrafo 4.4.

Come già sottolineato, il carattere "diffuso" della contaminazione presente nel sito determina che gli interventi di messa in sicurezza/bonifica applicabili siano indirizzati verso l'interruzione dei percorsi di migrazione della contaminazione residua presente nei suoli e non alla completa eliminazione delle singole frazioni di suolo contaminato (e ciò anche in ragione di motivi legati a fattibilità tecnica e sostenibilità economica).

Tale approccio rientra nella categoria delle azioni di "Messa in Sicurezza Operativa" nelle aree con continuità di esercizio, così come definito dall'art. 240 del D. Lgs. 152/2006: "l'insieme degli interventi eseguiti in un sito con attività in esercizio atti a garantire 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. Essi comprendono altresì gli elementi di contenimento della contaminazione da mettere in atto in via transitoria fino all'esecuzione della bonifica o della messa in sicurezza permanente, al fine di evitare la diffusione della contaminazione all'interno della stessa matrice o tra matrici differenti. In tali casi devono essere predisposti idonei piani di monitoraggio e controllo che consentano di verificare l'efficacia delle soluzioni adottate".

Inoltre, (All. 3, Parte IV, Tit. V del D. Lgs. 152/2006 e s.m.i.), "gli interventi di messa in sicurezza operativa si applicano ai siti contaminati in cui siano presenti attività produttive in esercizio. Tali interventi sono finalizzati a minimizzare o ridurre il rischio per la salute pubblica e per l'ambiente a livelli di accettabilità attraverso il contenimento degli inquinanti all'interno dei confini del sito, alla protezione delle matrici ambientali sensibili, e alla graduale eliminazione delle sorgenti inquinanti secondarie mediante tecniche che siano compatibili col proseguimento delle attività produttive svolte nell'ambito del sito.

Gli interventi di messa in sicurezza operativa sono accompagnati da idonei sistemi di monitoraggio e controllo atti a verificare l'efficacia delle misure adottate e il mantenimento nel tempo delle condizioni di accettabilità del rischio. E' opportuno progettare tali interventi dopo aver eseguito la caratterizzazione ambientale del sito, finalizzata ad un'analisi di rischio sito-specifica. Devono pertanto essere acquisite sufficienti informazioni sulla contaminazione presente, sulle caratteristiche degli acquiferi sottostanti e delle altre possibili vie di migrazione degli inquinanti, sui possibili punti di esposizione, e sui probabili bersagli ambientali ed umani. Nelle operazioni di messa in sicurezza devono essere privilegiate le soluzioni tecniche che consentano di minimizzare la produzione di rifiuti e pertanto favoriscano:

- il trattamento on-site ed il riutilizzo del terreno eventualmente estratto dal sottosuolo;
- il riutilizzo nel sito come materiali di riempimento anche dei materiali eterogenei e di risulta;
- la reintroduzione nel ciclo di lavorazione delle materie prime recuperate;
- il risparmio idrico mediante il riutilizzo industriale delle acque emunte dal sottosuolo."

In considerazione di quanto sopra riportato e dei risultati dell'AdR condotta, la proposta progettuale contenuta nel presente documento è basata, di fatto, sulla realizzazione di pavimentazioni superficiali in corrispondenza delle aree in cui la procedura di AdR ha evidenziato rischio sanitario non accettabile per i lavoratori operanti sul sito e diversificate a seconda della tipologia di rischio riscontrato. In aggiunta a ciò, laddove tale misura venga estesa anche alle aree in cui non è prevista la presenza di lavoratori, essa consente di contenere anche il rischio ambientale di dilavamento verso la falda e, in tal senso, affiancata ad interventi di bonifica della falda, si

configura come “Messa in Sicurezza Permanente”, assimilata ad intervento di bonifica per il sito in questione.

Inoltre, parallelamente agli interventi di MISO previsti mediante realizzazione di pavimentazioni, viene proposta la realizzazione di interventi di fitorisanamento del comparto ambientale suolo superficiale in corrispondenza delle aree “non operative” del sito, per le quali dovrà essere garantita la totale interdizione ai lavoratori, fino al completamento dell’applicazione del fitorisanamento. Tali interventi si configurerebbero, di fatto, come veri e propri interventi di bonifica del suolo.

Gli ambiti di applicabilità della metodologia di fitorisanamento sono riportati nel proseguo del presente documento (par. 4.5).

4.2 MESSA IN SICUREZZA OPERATIVA DEI SUOLI NELLE AREE OPERATIVE

Gli interventi di MISO per il comparto ambientale suolo che la presente proposta progettuale contiene, si basano sulla realizzazione di pavimentazioni superficiali in corrispondenza delle aree in cui la procedura di AdR ha evidenziato rischio sanitario non accettabile per i lavoratori operanti sul sito (rischio derivante dal suolo superficiale) e diversificate a seconda della tipologia di rischio riscontrato (rischio per ingestione e contatto dermico e rischio per inalazione di vapori outdoor). Tali interventi consentono di contenere anche il rischio ambientale di dilavamento verso la falda.

Tutti gli interventi di MISO saranno realizzati sull'area successivamente alla realizzazione di tutti gli smantellamenti e demolizioni di impianti e/o edifici, così come previsto dal piano industriale.

In particolare, come meglio esplicitato nel paragrafo 4.2.4, la realizzazione degli interventi di MISO sarà attuata per stralci sulla base delle diverse fasi previste dal Piano industriale (realizzazione nuova acciaieria, area logistica e impianto agro-alimentare), con realizzazione immediata delle eventuali pavimentazioni funzionalmente necessarie agli interventi di reindustrializzazione previsti, e completamente delle pavimentazioni rimanenti entro 12 mesi dal completamento degli interventi stessi.

4.2.1 Individuazione aree di intervento

La proposta di strategia contenuta nel presente documento è costruita sulla base dei risultati ottenuti dalla procedura di AdR, relativamente alle porzioni di suolo caratterizzate da rischio non accettabile.

Pertanto, gli interventi di MISO prenderanno in considerazione le aree rappresentate dai poligoni di Thiessen costruiti per l'elaborazione della procedura di AdR con presenza di valori di rischio superiori ai limiti di accettabilità, oltre che quelle aree che per analisi di vicinato, così come descritto al paragrafo 4.1, sono, comunque, da considerarsi interessate da rischio.

Riassumendo, l'approccio utilizzato per l'individuazione delle aree di intervento, consiste nel considerare tutte le sorgenti con rischio non accettabile per un determinato parametro; l'elaborazione di AdR associa all'intera sorgente un rischio non accettabile derivante da quel parametro; non potendo prevedere interventi mirati alla pavimentazione dell'intera sorgente, in quanto in alcuni casi le sorgenti presentano un'ingente estensione superficiale, vengono

considerati i singoli poligoni appartenenti a quella sorgente effettuando il confronto tra le Concentrazioni Rappresentative alla Sorgente (Cs), per ciascun poligono con superamento della CSC, e le CSR calcolate per quella sorgente. Per gli interventi di MISO si considerano, pertanto, quei poligono con $Cs > CSR$, che nella maggioranza dei casi coincidono con le CSC.

Oltre a ciò, come già specificato, si propone di considerare anche i poligoni che per analisi di vicinato (nel caso in cui l'analisi del vicinato indichi che la maggior parte dei poligoni adiacenti sia caratterizzato da rischio non accettabile), risultano da paragonarsi a quelli con rischio non accettabile.

Tale approccio è stato similamente adottato nel documento di Arpat "*Relazione finale sulle elaborazioni eseguite sui dati di contaminazione del suolo e della falda nel sito Lucchini di Piombino*", nel quale è riportato: "Ci si è quindi posti il problema se era strettamente necessario pavimentare l'intera superficie o si poteva cercare di ottimizzare l'intervento prevedendo la realizzazione della pavimentazione nelle aree che più contribuiscono al superamento dei limiti."

Inoltre, occorre tener presente l'approccio estremamente conservativo applicato all'elaborazione di AdR di Sanitas nel considerare non pavimentato l'intero sito, non tenendo conto degli elementi già allo stato attuale presenti in alcune aree del sito (pavimentazioni in cemento, strade e piazzali in asfalto, ecc.) che comportano l'interruzione di alcuni percorsi di esposizione verso i bersagli umani (in particolare i percorsi diretti di Ingestione e Contatto Dermico e quello di Inalazione di Vapori da suolo superficiale), con la conseguente riduzione del valore assoluto del rischio sanitario.

Occorre, comunque, considerare che gli interventi previsti saranno realizzati in maniera armonica con il piano di reindustrializzazione dell'area e che, pertanto, le aree oggetto di interventi di pavimentazione, così come individuate, mappate e misurate nei precedenti paragrafi, risultano strettamente funzionali alla realizzazione della MISO; infatti, nell'ottica del piano industriale di futura applicazione, tali interventi dovranno essere contestualizzati all'interno dello scenario industriale che andrà a configurarsi e, pertanto, sarà prevista l'estensione degli interventi di pavimentazione (in calcestruzzo e/o impermeabile) anche a quelle aree che, pur senza esigenze dettate dalla caratterizzazione ambientale svolta, comunque ai fini ambientali ed industriali, necessitano di essere pavimentate (es. aree di pertinenza della nuova acciaieria, area logistica e aree dove sarà realizzato l'impianto agroalimentare).

4.2.2 Obiettivi degli interventi

Lo scopo degli interventi di MISO proposti è quello di interrompere i percorsi di migrazione della contaminazione in corrispondenza delle aree in cui la procedura di AdR condotta ha evidenziato valori di rischio sanitario non accettabili per i percorsi diretti di ingestione e contatto dermico e quello di inalazione di polveri derivanti, derivanti da suolo superficiale.

Pertanto, si prevede la realizzazione di pavimentazioni superficiali finalizzate a:

- isolare il suolo superficiale dall'ambiente esterno in maniera da rendere nullo il rischio sanitario legato ai percorsi di esposizione Ingestione, Contatto Dermico e Inalazione di Vapori da suolo superficiale, in maniera che il sito possa essere fruibile agli operatori;
- ridurre il fenomeno di lisciviazione, da parte delle acque meteoriche, della contaminazione presente nel suolo verso la falda;
- ridurre i fenomeni di dilavamento del terreno evitando l'eventuale diffusione dei contaminanti;
- ridurre eventuali rischi per la fauna presente sul sito;
- rendere immediatamente fruibile l'area dal punto di vista produttivo.

Oltre a ciò, gli interventi previsti saranno realizzati in maniera armonica con il piano di reindustrializzazione dell'area,. A tal proposito, occorre, comunque, prevedere che la realizzazione di eventuali fondazioni di edifici e/o impianti di futura messa in opera in corrispondenza delle aree oggetto di MISO dovranno impostarsi in un contesto ambientale non modificabile e in maniera da non creare discontinuità di alcun genere nella pavimentazione costruita.

Inoltre, occorre sottolineare la necessità di dover procedere in parallelo con gli interventi di messa in sicurezza dei suoli delle aree demaniali che saranno finanziati con risorse pubbliche (in danno dei soggetti responsabili), come previsto e riportato nella Tabella 2 dell'art.6 dell'AdP e come sviluppato nella proposta progettuale di INVITALIA.

Alla realizzazione degli interventi di pavimentazione, si aggiungono, preliminarmente, attività di ripristino e controllo delle superfici ad oggi già pavimentate, ma in cui si rendono necessari interventi di manutenzione, rifacimento e/o completamento della pavimentazione stessa.

Sulla base della differente natura dei rischi riscontrati nelle varie porzioni del sito, vengono proposte diverse caratteristiche di pavimentazioni.

4.2.3 Tipologia di intervento

Le pavimentazioni di nuova realizzazione di strade e piazzali avranno tutte le seguenti caratteristiche:

- Spessore di 20 cm.
- Controllo del comportamento post-fessurativo realizzato con fibre direttamente introdotte nell'impasto del cls in centrale di betonaggio.
- CIs realizzato con cemento portland tipo CEM1, adeguato dosaggio di filler calcareo (carbonato di calcio) e adeguato dosaggio di fumo di silice. Il rapporto a/c max del cls non potrà essere superiore a 0,45 calcolato con un dosaggio di legante non inferiore a 400Kg/m³.
- Classe di resistenza di riferimento C 32/40 e classe di esposizione XS1

La finitura dell'estradosso renderà la superficie non scivolosa. Immediatamente dopo avere realizzato la finitura dovranno essere realizzati i giunti di contrazione mediante taglio realizzato con apposite fresatrici formanti riquadri di lato non superiore a ml 4,00.

Le modalità sopra descritte prevedono l'utilizzo di reti metalliche elettrosaldate e la densificazione superficiale del cls con frattazzatrici rotanti.

Inoltre, in funzione delle aree in cui dovranno essere realizzate, e dunque della tipologia di contaminazione in esse riscontrata, sono previste le caratteristiche di seguito riportate.

4.2.3.1 Ripristino pavimentazioni esistenti (Pavimentazione tipo P01)

In corrispondenza delle aree in cui dovranno essere mantenute le pavimentazioni esistenti, si prevede la realizzazione dell'intervento sopra descritto secondo il seguente schema indicativo (Figura 14).

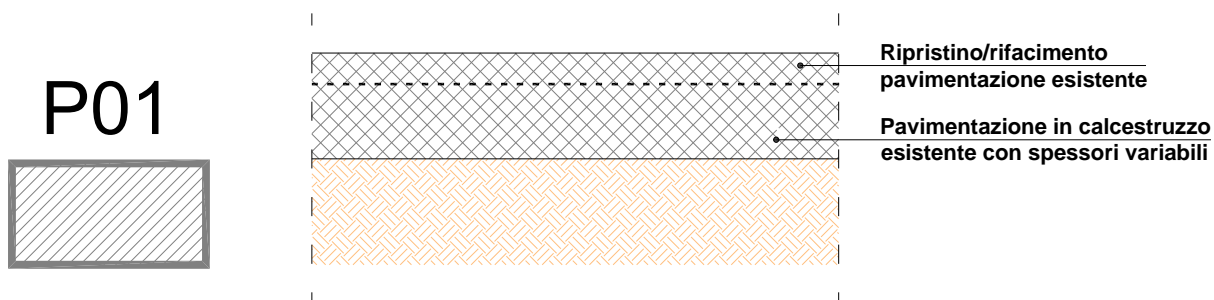


Figura 14: Interventi di pavimentazione tipo P01 - Ripristino pavimentazioni esistenti.

Le aree interessate da tale intervento saranno quelle in cui ad oggi sono già presenti pavimentazioni di tipo industriale e che, in funzione del piano di reindustrializzazione del sito, dovranno continuare a rimanere pavimentate.

Tali pavimentazioni, una volta ripristinate, avranno uno spessore minimo di 20 cm, in analogia a quelle di nuova realizzazione.

4.2.3.2 Nuove pavimentazioni in calcestruzzo (Pavimentazione tipo P02)

Come sopra descritto, la pavimentazione di nuova realizzazione di strade e piazzali sarà realizzata secondo lo schema seguente (Figura 15).

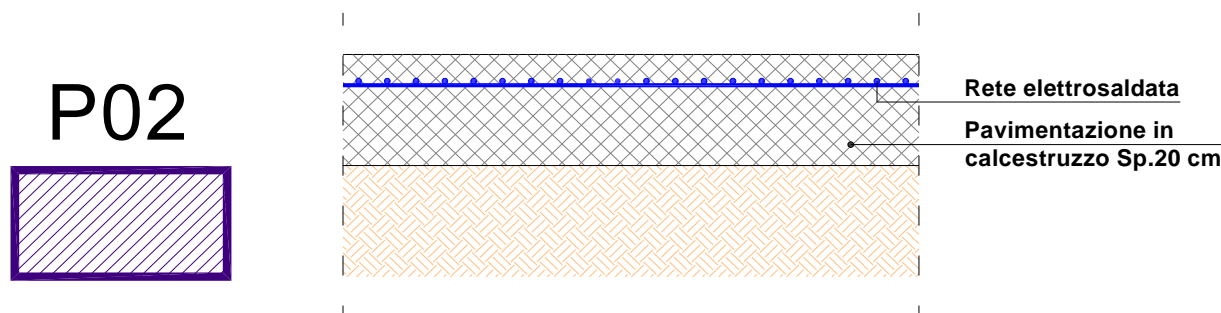


Figura 15: Interventi di pavimentazione tipo P02 – Nuove pavimentazioni in calcestruzzo.

Le aree interessate da tale tipologia di intervento saranno quelle in cui è presente la necessità di interrompere le vie di esposizione per Ingestione e Contatto dermico di suolo superficiale agli

operatori, in quanto generanti valori di rischio non accettabili secondo l'elaborazione dell'AdR sanitaria condotta.

Dalle considerazioni effettuate e riportate nelle tabelle al paragrafo 4.1, la superficie indicativa da pavimentare mediante questa tipologia di intervento, sulla base dei poligoni di Thiessen disegnati per l'elaborazione di AdR sanitaria, risulterebbe pari a circa 305.000 mq (circa 30 ha) nella Macroarea Nord e circa 250.000 mq (circa 25 ha) nella macroarea Sud, per un totale pari a circa 55 ha.

Considerando un costo di larga massima pari a circa 40 €/mq, si evince un costo approssimativo pari a circa 22.000.000 € per questa tipologia di intervento.

4.2.3.3 Nuove pavimentazioni impermeabili (Pavimentazione tipo P03)

In corrispondenza delle aree in cui è stata verificata l'esigenza di ricorrere ad una copertura superficiale di tipo impermeabile, la pavimentazione di nuova realizzazione di strade e piazzali sarà realizzata inserendo, sotto lo strato di cls, una geomembrana protetta, sia sopra che sotto, con tessuto non tessuto secondo lo schema seguente (Figura 16).

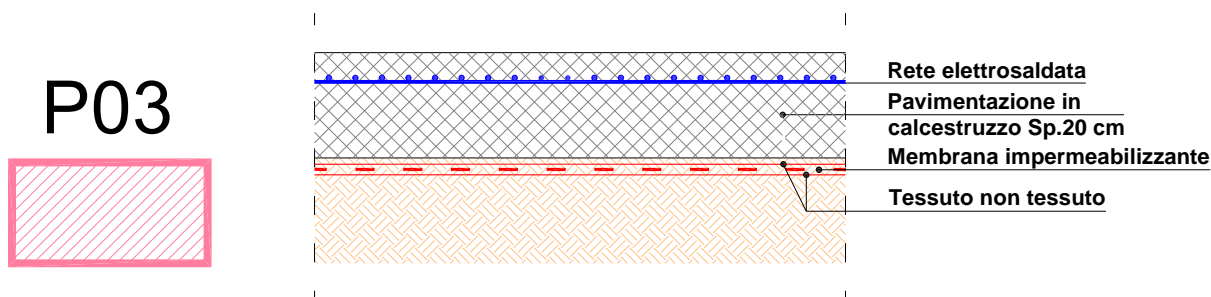


Figura 16: Interventi di pavimentazione tipo P03 – Nuove pavimentazioni impermeabili.

Le aree interessate da tale tipologia di intervento saranno quelle in cui è presente la necessità di interrompere le vie di esposizione per Inalazione Vapori Outdoor, in quanto generanti valori di rischio non accettabili secondo l'elaborazione dell'AdR sanitaria condotta.

Dalle considerazioni effettuate e riportate nelle tabelle al paragrafo 4.1, la superficie indicativa da pavimentare mediante questa tipologia di intervento, sulla base dei poligoni di Thiessen disegnati per l'elaborazione di AdR sanitaria, risulterebbe pari a circa 45.000 mq (circa 4,5 ha) interamente ricadente nella Macroarea Nord.

Considerando un costo di larga massima pari a circa 80 €/mq, si evince un costo approssimativo pari a circa 3.600.000 € per questa tipologia di intervento.

Parallelamente agli interventi di pavimentazione, risulta, inoltre, da prevedere la realizzazione di un'idonea pendenza (di circa il 5%) per favorire lo scolo delle acque meteoriche.

4.2.3.4 Stima di larga massima dei costi di intervento

Nella seguente Tabella 12 sono riportate le stime approssimate delle superfici interessate dagli interventi di futura pavimentazione ed i relativi costi di larga massima.

NUOVA PAVIMENTAZIONE IN CALCESTRUZZO (P02)		STIMA COSTI DI MASSIMA	STIMA COSTI DI MASSIMA
	MQ	€/MQ	€
Macroarea Nord			
NORD	260,000	40	12,200,000
vicinato NORD	45,000		
TOTALE NORD	305,000		
Macroarea Sud			
SUD	270,000	40	13,800,000
VICINATO sud	75,000		
TOTALE SUD	345,000		
TOTALE P02	650,000		26,000,000
NUOVA PAVIMENTAZIONE IMPERMEABILE (P03)		STIMA COSTI DI MASSIMA	STIMA COSTI DI MASSIMA
NORD	30,000	80	3,600,000
vicinato NORD	15,000		
TOTALE P03	45,000		
TOTALE COSTI DI MASSIMA DEGLI INTERVENTI NUOVA PAVIMENTAZIONE			29,600,000

Tabella 12: Riassunto superfici di nuova pavimentazione e stime costi di larga massima.

Le stime di cui sopra sono state, inoltre, suddivise in funzione dei settori di attività previsti dal piano industriale di futura realizzazione, ovvero:

Settore Siderurgia: previsto nella macroarea Nord;

Settore Agro-alimentare: previsto in una porzione della Macroarea Sud;

Settore Logistica: previsto in una porzione della Macroarea Sud.

Pertanto, in sono riportate le stime approssimate delle superfici interessate dagli interventi di futura pavimentazione ed i relativi costi di larga massima suddivisi nei tre settori in cui il piano industriale risulta articolato.

NUOVA PAVIMENTAZIONE IN CALCESTRUZZO (P02)		STIMA COSTI DI MASSIMA	STIMA COSTI DI MASSIMA
	MQ	€/MQ	€
Macroarea Nord			
SETTORE SIDERURGIA	295,000	40	
ESTERNO	10,000		
SETTORE SIDERURGIA			
TOTALE NORD	305,000		12,200,000
Macroarea Sud			
SETTORE AGROALIMENTARE	170,000	40	
SETTORE LOGISTICA	130,000		
ESTERNO	45,000		
SETTORE LOGISTICA E AGROALIMENTARE			
TOTALE SUD	345,000		13,800,000
TOTALE P02	650,000		26,000,000
NUOVA PAVIMENTAZIONE IMPERMEABILE (P03)		STIMA COSTI DI MASSIMA	STIMA COSTI DI MASSIMA
SETTORE SIDERURGIA	40,000	80	
ESTERNO	5,000		
SETTORE SIDERURGIA			
TOTALE P03	45,000		3,600,000
TOTALE COSTI DI MASSIMA DEGLI INTERVENTI NUOVA PAVIMENTAZIONE			29,600,000

Tabella 13: Riassunto superfici di nuova pavimentazione e stime costi di larga massima suddivisi per settore di attività.

4.2.4 Cronologia di massima degli interventi

Come già richiamato in precedenza, il timing per la realizzazione degli interventi di MISO sarà attuata per stralci sulla base delle diverse fasi previste dal Piano industriale, con realizzazione immediata di tutte le opere aventi valenza ambientale (pavimentazioni) funzionalmente necessarie agli interventi di reindustrializzazione previsti, e completamento delle pavimentazioni rimanenti entro 12 mesi dal completamento degli interventi stessi.

Nel dettaglio, la cronologia di massima degli interventi sarà la seguente:

- Realizzazione nuova acciaieria:	30 mesi
- Completamento pavimentazioni area nuova acciaieria:	42 mesi
- Realizzazione area logistica:	24 mesi
- Completamento pavimentazioni area logistica:	36 mesi
- Realizzazione impianto agro-alimentare:	36 mesi
- Completamento pavimentazioni area impianto agro-alimentare:	48 mesi

4.3 BONIFICA DEI SUOLI MEDIANTE FITORISANAMENTO NELLE AREE NON OPERATIVE

Oltre agli interventi di MISO dei suoli mediante realizzazione di pavimentazioni, viene proposta la realizzazione di interventi di fitorisanamento dello stesso comparto ambientale suolo superficiale in corrispondenza delle aree “non operative” del sito, per le quali dovrà essere garantita la totale interdizione ai lavoratori, fino al completamento dell’applicazione del fitorisanamento. Tali interventi si configurerebbero, di fatto, come veri e propri interventi di bonifica del suolo.

Interventi di fitorisanamento saranno da considerarsi applicabili alle aree non operative sia perché non accessibili ai lavoratori sia perché il rischio riscontrato in tali aree riguarda il solo comparto suolo superficiale, ovvero il suolo fino alla profondità di 1 metro dal piano campagna; fino a tali profondità e spessori, infatti, si può prevedere l’applicabilità di metodologie di bonifica tramite fitorisanamento.

Il presente capitolo riporta indicazioni di carattere generale e teorico relativamente alle tecnologie di bonifica mediante *phytoremediation* tratte da dati di letteratura specifica ed in particolare da:

- “Phytoremediation: metodologie, parametri e protocollo d’applicazione”, pubblicazione APAT di Tesi Laurea elaborata in stage (Roma, 2005);
- “Risanamento di siti contaminati mediante specie vegetali – meccanismi di azione e applicazioni”, elaborato da CESI Ambiente nel 2003.

La *phytoremediation* è una tecnologia che sfrutta la capacità depurativa delle piante per la bonifica *in situ* di suoli, sedimenti ed acque contaminate. Si tratta di una tecnica che sfrutta la capacità naturale di alcune piante di accumulare, degradare e stabilizzare una vasta gamma di contaminanti, in varie matrici ambientali (suolo, sedimenti, acque).

Nell’ambito delle proprie attività istituzionali, ISPRA ha realizzato una matrice di screening come strumento di supporto alle decisioni nella selezione delle tecnologie di bonifica.

Tale matrice è riportata nella Figura 17.

ISPR Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale		Matrice di screening delle tecnologie di bonifica																	
		Composti Inorganici						Composti Organici											
		Ammonio	Cadmio	Cromo	Piombo	Mercurio	Altri metalli compatibili negli altri	Alcuni pesticidi non metabolici	Alcuni pesticidi metabolici	Alcuni altri fitofitici (derivati dai concorrenti)	Alcuni altri fitofitici (derivati dai concorrenti)	Alcuni altri fitofitici (derivati dai concorrenti)	Alcuni altri fitofitici (derivati dai concorrenti)	Alcuni altri fitofitici (derivati dai concorrenti)	Alcuni altri fitofitici (derivati dai concorrenti)	Alcuni altri fitofitici (derivati dai concorrenti)	Alcuni altri fitofitici (derivati dai concorrenti)	Alcuni altri fitofitici (derivati dai concorrenti)	Alcuni altri fitofitici (derivati dai concorrenti)
Suolo, sedimenti																			
- trattamento biologico in situ																			
- Bioventing																			
- Bioremediation																			
- Phytoremediation																			
- trattamento chimico-fisico in situ																			
- Ossidazione chimica																			
- Ossidazione elettrolitica																			
- Separazione elettrolitica																			
- Soil Flushing																			
- Soil Vapor Extraction																			
- Solidification/Stabilization																			
- trattamento termico in situ																			
- trattamento termico																			
trattamento biologico ex situ (con escavazione)																			
- Biode																			
- Compostaggio																			
- Landfarming																			
- Biosolter																			
trattamento chimico-fisico ex situ (con escavazione)																			
- Estrazione chimica																			
- Ossidazione/riduzione chimica																			
- Soil Washing																			
- Solidification/Stabilization																			
trattamento termico ex situ (con escavazione)																			
- Incenerimento/PSI																			
- Caratterizzazione termica																			
- altro																			
- Copertura superficiale (Capanni)																			
- Posa e riempimento in discarica																			
Acque sotterranee, acque superficiali																			
- trattamento biologico in situ																			
- Bioremediation																			
- Adesione naturale monitorata																			
- Phytoremediation																			
trattamento chimico-fisico in situ																			
- Air Sparging																			
- Ossidazione chimica																			
- Ossidazione elettrolitica																			
- Soil Vapor Sparging																			
- Dual-Phase Extraction																			
- Barriere permeabile reattiva																			
trattamento biologico ex situ																			
- Biosolter																			
- Lignaggio																			
trattamento chimico-fisico ex situ (con estrazione delle acque e trattamento in blocco integrato)																			
- Processi di ossidazione avanzata																			
- Air Stripping																			
- Carboni attivi																			
- Fughi dall'Infil																			
- Scambio ionico																			

Figura 17: Matrice di Screening per la selezione delle tecnologie di bonifica.

Alcune specie vegetali posseggono, infatti, la capacità di assorbire e di trasformare contaminanti organici in sottoprodotti metabolici meno tossici (*fitodegradazione*) e, in alcuni casi, liberarli in atmosfera tramite il processo di traspirazione (*fitovolatilizzazione*). Altre invece, sono in grado di estrarre dal suolo ed accumulare negli organi aerei elevate concentrazioni di metalli, senza presentare fenomeni di tossicità (*fitoestrazione*). Le piante inoltre possono agire stimolando la degradazione microbica di inquinanti organici nella rizosfera tramite la produzione di essudati radicali ed enzimi nel suolo (*rizodegradazione*). Infine, le radici possono svolgere direttamente un effetto di filtro nei confronti di metalli presenti nelle acque (*rizofiltrazione*) o stabilizzare gli inquinanti tramite processi di controllo idraulico (*fitostabilizzazione*).

Questi processi sono riassunti ed indicati schematicamente in Figura 18.

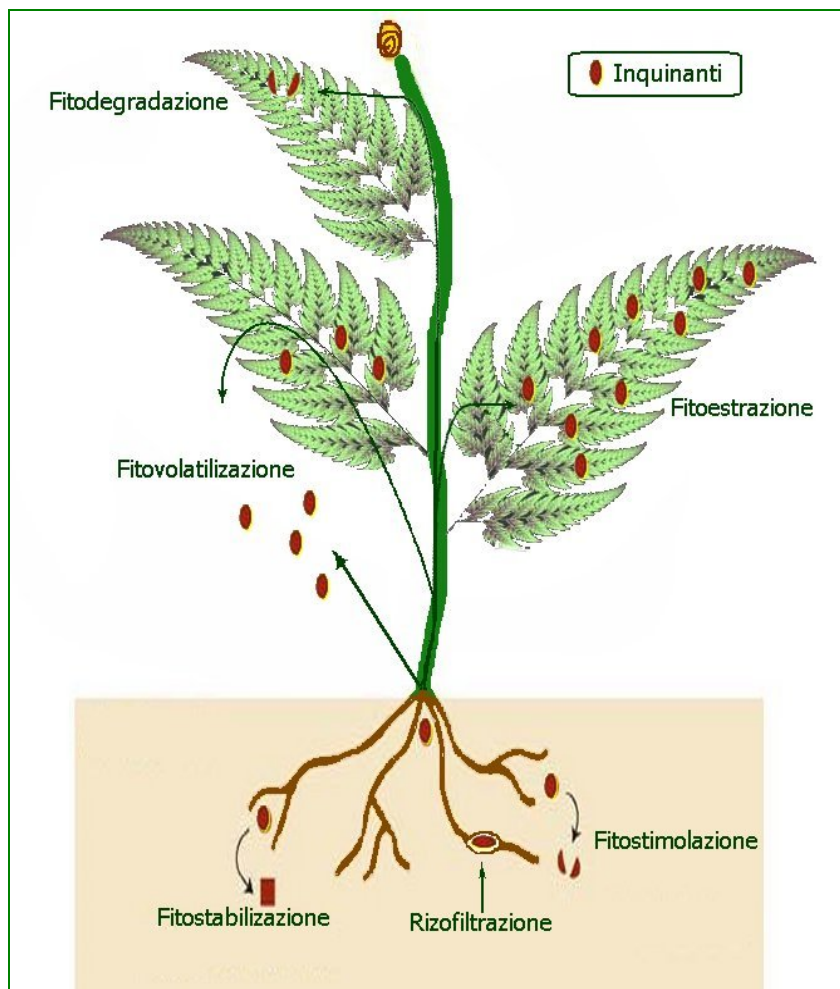


Figura 18: Inquinanti all'interno nel continuum suolo-pianta-atmosfera

L'interesse per la *phytoremediation* si è sviluppato rapidamente poiché si tratta di una tecnologia "pulita" ed economica che può essere applicata per lunghi periodi, inoltre possiede un'intrinseca valenza estetica, grazie alla quale trova largo consenso nell'opinione pubblica.

L'interesse per questa tecnologia si è sviluppato rapidamente poiché si tratta di una soluzione a basso costo e a ridotto impatto ambientale: non comporta, infatti, rilevanti investimenti economici né la necessità di realizzare impianti o particolari installazioni, inoltre, essendo applicata principalmente *in situ*, evita operazioni di scavo e conseguente smaltimento in discarica di grossi volumi di suolo e/o di scorie.

I limiti della *phytoremediation* risiedono nel pericolo di contaminazione della catena alimentare, nei lunghi tempi di trattamento richiesti per raggiungere gli obiettivi di bonifica, e nella difficoltà di operare con le piante in presenza di elevati livelli di contaminazione (fitotossicità).

La caratterizzazione del sito oggetto di bonifica, i test di trattabilità condotti in laboratorio, le sperimentazioni in serra o tramite realizzazione di impianti pilota, risultano indispensabili ai fini di una corretta individuazione dei confini di applicabilità di questa tecnologia.

La scelta della fitotecnologia più adatta dipende dal destino finale del composto inorganico: in sintesi, i meccanismi principali per il trattamento di tali inquinanti prevedono l'immobilizzazione nella rizosfera (*fitostabilizzazione*) o nelle radici (*rizofiltrazione*), e l'accumulo all'interno dei tessuti della pianta (*fitoestrazione*).

4.3.1 Le piante e i microorganismi

Tramite il processo di fotosintesi, il biossido di carbonio presente in atmosfera penetra all'interno delle piante tramite gli stomi, microscopiche aperture presenti sulla superficie fogliare, e viene fissato in composti organici. Questi prodotti vengono trasferiti all'intera pianta fino alle radici, attraverso un sistema vascolare definito floema, e in seguito incorporati nella biomassa, metabolizzati durante la respirazione cellulare per produrre energia, o essudati nella zona radicale. Gli essudati radicali comprendono un'ampia varietà di composti: aminoacidi, proteine, acidi organici, carboidrati e altro materiale cellulare. Si è stimato che la quantità di composti carboniosi essudati dalle piante può raggiungere il 50% del totale dei prodotti di fotosintesi.

Una delle più importanti forme di essudazione radicale è rappresentata dal mucigel, una sostanza gelatinosa che funziona da lubrificante per facilitare la penetrazione delle radici nel terreno, protegge l'apice radicale dall'essiccamento e favorisce l'assorbimento dei nutrienti. Un'altra importante fonte di carbonio è costituita dalla biomassa persa dalle radici per abrasione durante il processo di accrescimento.

L'alto contenuto di materiale organico che si riscontra in prossimità delle radici favorisce la proliferazione di varie comunità microbiche, che traggono vantaggio dalla presenza delle piante: queste, infatti, oltre a fornire loro composti carboniosi, influenzano favorevolmente i valori di pH, di concentrazione di ossigeno e di umidità del terreno, stimolando in tal modo la loro capacità di biodegradazione. I microorganismi, d'altra parte, agiscono favorendo l'assorbimento dell'acqua e dei nutrienti da parte del sistema radicale, consentendo alle piante di svilupparsi anche in terreni contaminati.

La regione di suolo interessata da queste attività è denominata rizosfera, e si estende all'incirca da 1 a 3 mm dalla superficie delle radici. La composizione della comunità microbica nella rizosfera dipende dal tipo e dell'età della pianta, dal tipo di suolo e dall'esposizione a specie xenobiotiche; comunità tipiche sono costituite da $5 \cdot 10^6$ batteri, $9 \cdot 10^5$ attinomiceti e $2 \cdot 10^3$ funghi per grammo di suolo, con colonie che arrivano a coprire fino al 10% della superficie delle radici.

Nell'ambito della *phytoremediation*, la tecnica di *rizodegradazione* si fonda proprio sulla relazione pianta-microorganismi e rappresenta uno dei principali metodi di *phytoremediation* per il trattamento di siti contaminati da composti organici.

4.3.2 Le piante come “green liver”

L'attività dei microrganismi della rizosfera non è l'unica responsabile della degradazione dei contaminanti; le stesse piante, infatti, sono in grado di produrre proteine, enzimi e cofattori che agiscono trasformando i composti organici inquinanti in prodotti meno tossici. Sempre più spesso si utilizza il termine “green liver” (fegato verde), per indicare l'affinità che esiste tra la capacità degradativa delle piante e quella ben nota del fegato dei mammiferi. Basti pensare che nelle piante sono stati trovati enzimi, come il citocromo P-450 e il glutatione-s-transferasi, che nei mammiferi sono deputati alla degradazione di sostanze chimiche tossiche.

Un composto organico, una volta assorbito dalla pianta, viene sottoposto ad una serie di trasformazioni mediate da una vasta gamma di enzimi.

Lo sfruttamento della capacità degradativa degli enzimi prodotti dalle piante, costituisce una delle principali applicazioni della *phytoremediation*, la *fitodegradazione*.

4.3.3 La traspirazione

I nutrienti, così come i contaminanti, devono trovarsi disciolti nella fase acquosa del suolo per poter essere assorbiti dalle piante. Il processo di traspirazione inizia nel momento in cui l'acqua viene assorbita dal terreno attraverso le radici e termina quando questa evapora in atmosfera attraverso microscopiche aperture delle foglie, gli stomi. Il meccanismo di trasporto dell'acqua all'interno della pianta viene definito traslocazione. L'intero processo è guidato da un equilibrio di forze che si instaura tra l'acqua in forma liquida presente nelle foglie e l'acqua in forma gassosa (umidità) presente in atmosfera: il vapore acqueo liberato dagli stomi richiama acqua dalla pianta creando un flusso traspirazionale che dalle radici raggiunge le foglie.

Il processo di traspirazione è alla base delle applicazioni di controllo idraulico e di contenimento degli inquinanti, nonché di liberazione in atmosfera di composti organici e inorganici (*fitovolatilizzazione*).

4.3.4 Fitoestrazione

La fitoestrazione, nota anche come fitoaccumulazione, è una tecnica che si basa sull'assorbimento di contaminanti inorganici da parte delle piante e sulla loro traslocazione agli organi aerei.

Il successivo taglio della biomassa vegetale consente la rimozione definitiva del contaminante dal sistema.

Gli inquinanti inorganici che le piante sono in grado di estrarre sono principalmente metalli (Ag, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Zn), metalloidi (As, Se) e radionuclidi (^{137}Cs , ^{239}Pu , ^{90}Sr , ^{234}U , ^{238}U).

L'interesse per le piante nella depurazione dei suoli da metalli ha avuto origine a seguito della scoperta di specie vegetali endemiche di suoli minerali, naturalmente arricchiti di metalli pesanti. Queste piante, definite "iperaccumulatrici", sono in grado di assorbire concentrazioni di questi elementi incredibilmente elevate, a partire da 1.000 mg/kg di sostanza secca, pari allo 0.1 % del peso secco, fino a 10.000 mg/kg di s.s. (1% del peso secco), a seconda dello specifico elemento. Questi valori sono considerati normalmente tossici per la gran parte delle specie vegetali.

Oltre alla capacità delle piante di accumulare metalli e alla loro produttività in biomassa, un fattore chiave nel processo di fitoestrazione è la biodisponibilità del contaminante: spesso, infatti, la quantità di metallo effettivamente assorbibile dalla pianta è solo una piccola frazione rispetto al totale presente nel suolo. Si può intervenire allora con l'aggiunta, nella matrice da trattare, di particolari sostanze chelanti (EDTA, acido ossalico, acido citrico), che formano con i metalli composti solubili in acqua e, quindi, potenzialmente assorbibili dalla pianta.

Al termine di un intervento di bonifica tramite fitoestrazione, è importante programmare la gestione delle masse vegetali prodotte, valutando il sistema di smaltimento più adatto in relazione al tipo e alla concentrazione dei contaminanti presenti, e alle prescrizioni normative in materia di rifiuti.

4.3.5 Fitostabilizzazione

La fitostabilizzazione è una tecnica che si fonda sulla capacità delle piante di immobilizzare gli inquinanti presenti nel suolo e nella falda acquifera: questo avviene attraverso meccanismi di assorbimento e accumulo all'interno delle radici, adsorbimento sulla superficie radicale, precipitazione nella rizosfera, e stabilizzazione fisica del suolo.

La sua applicazione è particolarmente indicata per i contaminanti inorganici, metalli (Pb, Cd, As, Cr, Cu, Zn, Se) e radionuclidi (^{90}Sr , ^{234}U , ^{238}U , ^{43}U), ma risulta efficace anche per composti organici idrofobici (IPA, PCB, diossine, furani, PCP, dieldrin).

Di seguito sono descritti i tre processi fondamentali che caratterizzano la tecnica di fitostabilizzazione e da cui dipende il destino finale dei contaminanti.

4.3.5.1 Fitodegradazione

La fitodegradazione, nota anche come fitotrasformazione, consiste nell'assorbimento di contaminanti presenti in suolo, sedimenti e acque, e la loro successiva trasformazione all'interno delle piante. In alternativa, gli inquinanti possono essere degradati all'esterno, nella rizosfera, grazie all'azione diretta di essudati radicali. Ogni altro processo che coinvolge i microorganismi associati alle radici rientra invece nella tecnica di rizodegradazione.

La fitodegradazione trova applicazione per molti contaminanti organici quali solventi clorurati (TCE), erbici (atrazina, alachlor), esplosivi (TNT, RDX), composti aromatici (BTEX), e per nutrienti inorganici (NO_3^- , NH_4^+ , HPO_4^{3-}).

4.3.5.2 Fitovolatilizzazione

Un'ulteriore applicazione della *phytoremediation* è la fitovolatilizzazione, che consiste nell'assorbimento dell'inquinante, eventuale fitotrasformazione, e volatilizzazione attraverso il sistema di traspirazione della pianta.

Questa tecnica si applica principalmente alle acque di falda, ma è utilizzata anche per suoli, sedimenti e fanghi. I contaminanti trattati comprendono composti organici volatili (TCE, MBTE) e elementi inorganici (Se, Hg, As).

Una volta volatilizzati, alcuni composti organici volatili, considerati recalcitranti nel suolo e nelle acque, in atmosfera reagiscono rapidamente con radicali idrossilici, prodotti durante la riduzione fotochimica dell'ozono. La velocità di reazione della foto-ossidazione in atmosfera per tali composti è di uno o due ordini di grandezza maggiore della velocità di degradazione nel suolo e nelle acque. Un sistema molto studiato riguarda l'impiego di pioppi per l'assorbimento e la fitovolatilizzazione del tricloetilene (TCE) o di prodotti di degradazione del TCE. Inoltre, una ricerca condotta su colture idroponiche di pioppo, ha dimostrato la possibilità di decontaminare efficacemente acque contenenti MTBE.

La fitovolatilizzazione di specie inorganiche è limitata a Se, Hg, As, elementi in grado di formare specie volatili.

4.3.5.3 Rizodegradazione

La rizodegradazione, definita anche fitostimolazione, biorimediazione nella rizosfera o degradazione assistita delle piante, consiste nella degradazione dei contaminanti presenti nel suolo grazie all'attività biologica della rizosfera.

La relazione di tipo simbiotico che si instaura tra microorganismi (batteri, funghi e lieviti) e piante costituisce il fattore chiave su cui si fonda questa tecnica; la presenza delle radici nel suolo crea le condizioni favorevoli allo sviluppo di comunità di microorganismi in grado di metabolizzare una

grande varietà di contaminanti organici, quali idrocarburi, IPA, BTEX, pesticidi, solventi clorurati, PCB, surfattanti.

La rizofiltrazione si applica al trattamento di acque sotterranee, superficiali e reflue, contaminate da metalli (Pb, Cd, Cu, Ni, Zn, Cr) e radionuclidi (^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{234}U , ^{238}U), generalmente in condizioni di bassa concentrazione.

4.3.6 Applicazioni - Sistemi di copertura vegetativa

Il *Phytoremediation of Organics Action Team* dell' E.P.A. ha dato una precisa definizione di "vegetative cover": Si tratta di una copertura vegetale, applicata a lungo termine e in grado di auto-sostenersi, che cresce su materiali che rappresentano un rischio ambientale; la presenza di piante riduce questo rischio fino ad un livello accettabile, necessitando di interventi minimi di mantenimento.

Lo scopo dei sistemi di copertura vegetativa di suoli contaminati è duplice: favorire il processo di evapotraspirazione dalla superficie del suolo e contemporaneamente svolgere un'azione di biodegradazione dei contaminanti.

I sistemi di copertura vegetativa sfruttano la capacità delle piante di intercettare la pioggia sulla superficie fogliare e prevenire le infiltrazioni, tramite l'assorbimento da parte delle radici di volumi significativi di acqua, dopo che questa è penetrata nel suolo.

Possono essere progettate aree coperte da comunità miste di piante (erbacee e arboree), allo scopo di massimizzare la capacità di intercettazione della pioggia e di traspirazione.

Questa tecnica si applica a suoli contaminati in superficie, fanghi e depositi di rifiuti: i contaminanti, organici e inorganici, vengono isolati e degradati in modo da minimizzare il rischio di esposizione per l'uomo e gli animali, e contemporaneamente prevenire la formazione di percolato. L'intero processo coinvolge, infatti, una combinazione di controllo idraulico, fitodegradazione, rizodegradazione, fitovolatilizzazione e probabilmente anche di fitoestrazione.

4.3.7 Applicazione della tecnologia

La *phytoremediation* si applica principalmente al trattamento *in situ* di acque e suoli contaminati.

La *phytoremediation* risulta efficace per il trattamento di vaste aree caratterizzate da un livello di inquinamento da basso a moderato, nei casi in cui l'applicazione di tecnologie convenzionali richiederebbe costi troppo elevati.

In Tabella 14 sono riportati dati raccolti dall'E.P.A. indicanti le principali fitotecnologie, i meccanismi depurativi coinvolti, le matrici ambientali interessate, i contaminanti trattati, le piante utilizzate e lo stato di avanzamento delle tecnologie.

Fitotecnologia	Meccanismo	Matrice	Contaminanti	Piante	Stato
Fitoestrazione	estrazione ed accumulo contaminanti	suolo sedimenti fanghi	metalli (Ag, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Zn) radionuclidi (⁹⁰ Sr, ¹³⁷ Cs, ²³⁹ Pu, ^{238,234} U)	<i>Brassica juncea</i> <i>Thlapsi caerulescens</i> <i>Helianthus annuus</i> <i>Alyssum sp.</i> Pioppo ibrido	laboratorio impianti pilota applicazioni su campo
Rizofiltrazione	estrazione ed accumulo contaminanti	acque superficiali acque sotterranee	metalli radionuclidi	<i>Brassica juncea</i> , <i>Helianthus annuus</i> <i>Eichornia crassipes</i>	laboratorio impianti pilota
Fitostabilizzazione	contenimento contaminanti	suolo sedimenti fanghi	As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn	<i>Brassica juncea</i> pioppo ibrido piante erbacee	applicazioni su campo
Rizodegradazione	degradazione contaminanti	suolo sedimenti fanghi acque sotterranee	TPH IPA pesticidi solventi clorurati PCB	<i>Morus rubra</i> <i>Oryza sativa</i> <i>Typha latifolia</i> piante erbacee pioppo ibrido	applicazioni su campo
Fitodegradazione	degradazione contaminanti	suolo sedimenti	composti organici	Alghe pioppo ibrido	dimostrazioni su campo

Fitotecnologia	Meccanismo	Matrice	Contaminanti	Piante	Stato
		fanghi acque superficiali acque sotterranee	solventi clorurati fenoli erbicidi esplosivi	<i>Salix nigra</i> <i>Taxodium</i> <i>distichum</i>	
Fitovolatilizzazione	estrazione e volatilizzazione contaminanti	acque sotterranee suolo sedimenti fanghi	solventi clorurati Se, Hg, As	<i>Populus sp.</i> <i>Medicago</i> <i>sativa</i> <i>Robinia</i> <i>pseudoacacia</i> <i>Brassica</i> <i>juncea</i>	laboratorio applicazioni su campo
Barriere idrauliche	degradazione o contenimento contaminanti	acque superficiali acque sotterranee	composti organici e inorganici solubili in acqua	<i>Populus sp.</i> pioppo ibrido <i>Salix sp.</i>	dimostrazioni su campo
Coperture vegetative	contenimento e degradazione contaminanti, prevenzione erosione	suolo sedimenti fanghi	composti organici e inorganici	<i>Populus sp.</i> piante erbacee	applicazioni su campo
Zone tampone	degradazione contaminanti	acque superficiali acque sotterranee	composti organici e inorganici solubili in acqua	<i>Populus sp.</i>	applicazioni su campo

Tabella 14: Applicazione delle principali fitotecnologie (E.P.A., 2000).

La *phytoremediation* è una tecnologia ancora in fase di sviluppo, ma fin dai primi studi ha destato l'interesse di molti, che la considerano un'alternativa "pulita" ed economicamente vantaggiosa rispetto alle soluzioni tradizionali. Sebbene le sperimentazioni siano in continua evoluzione allo scopo di fissarne i confini di applicazione, esistono già precise indicazioni sui parametri che è necessario considerare in fase di progettazione.

I fattori principali che vanno considerati quando si intende realizzare un intervento di fitobonifica sui suoli, ad esempio, comprendono:

- tipologia di contaminazione,
- concentrazioni dei contaminanti;
- profondità della contaminazione.

4.3.8 Contaminanti

Come detto in precedenza, la *phytoremediation* si applica con successo a vaste aree interessate da bassi a moderati livelli di contaminazione.

L'applicabilità di questa tecnica è stata studiata per alcune delle più importanti e diffuse classi di contaminanti, e tuttora gli studiosi continuano ad ampliare la lista, sebbene il loro numero sia limitato.

Quando si sceglie di utilizzare la *phytoremediation* per la bonifica di un particolare sito, è necessario verificare l'applicabilità della tecnologia ad un particolare contaminante mediante prove di laboratorio e con impianti pilota.

4.3.8.1 Contaminanti organici

Il trattamento dei contaminanti organici tramite fitodegradazione è limitato a quei composti moderatamente idrofobici che sono caratterizzati da un valore di $[\log K_{ow}]$ (coefficiente di ripartizione ottanolo-acqua) compreso tra 1 e 3.5, proprietà che rende possibile alle piante l'assorbimento del contaminante attraverso il sistema radicale e la sua traslocazione all'interno della pianta. I contaminanti compresi in questo gruppo sono: benzene, toluene, etilbenzene e xilene (BTEX), i solventi clorurati e i composti alifatici a catena corta. I composti più lipofili (PCB, IPA) possono essere immobilizzati nella rizosfera e degradati grazie all'azione di microrganismi, oppure legati alla superficie delle radici o trattenuti all'interno dei tessuti radicali, ma non traslocati agli organi aerei.

Un altro fattore che influenza notevolmente l'efficienza di un intervento di fitobonifica su composti organici, riguarda le caratteristiche di alcune miscele di idrocarburi: i cosiddetti LNAPL (light non aqueous phase liquid), DNAPL (dense non aqueous phase liquid), miscele di questi, oppure olii,

possono ostacolare il movimento di acqua e di aria nel suolo, nonché l'assorbimento di nutrienti necessari per la crescita delle piante.

4.3.8.2 Contaminanti inorganici

Una delle applicazioni più utilizzate per il trattamento dei contaminanti inorganici (metalli e radionuclidi) è la fitoestrazione; il parametro che fornisce il livello di efficienza di questa tecnologia è rappresentato dal coefficiente di estrazione, che misura la concentrazione di contaminante all'interno della pianta in rapporto alla concentrazione dello stesso nel suolo.

La disponibilità dei metalli all'assorbimento da parte dei vegetali varia da elemento a elemento, ed è influenzata dalle caratteristiche del suolo e da fattori legati alle condizioni ambientali e alle piante. Per quanto riguarda le caratteristiche del suolo, i fattori principali comprendono il pH, il potenziale redox, la capacità di scambio cationico, la presenza di idrossidi di Fe e Mn, il contenuto di materia organica, di argilla e di fosfati. In termini di fattori ambientali, le condizioni climatiche, le pratiche agricole di gestione, irrigazione e fertilizzazione possono influenzare la biodisponibilità dei metalli. Infine, è noto che esistono specie vegetali in grado di assorbire questi elementi in concentrazione maggiore rispetto ad altre, ma anche l'età della pianta gioca un ruolo fondamentale nell'efficienza del processo di estrazione.

Nel caso di metalli difficilmente assimilabili, l'aggiunta di chelanti al suolo da trattare può aumentare in maniera rilevante il coefficiente di estrazione; in questo caso, però, è indispensabile considerare il rischio di eccessiva mobilizzazione del metallo e prevedere un sistema di monitoraggio della possibile migrazione dello stesso verso la falda.

4.3.9 Piante

La progettazione e realizzazione di un intervento di fitobonifica, proprio perché si avvale delle capacità depurative delle piante, necessita, del contributo di professionisti del campo dell'ingegneria, della chimica e dell'idrogeologia, ma anche di esperti del settore agronomico. La *phytoremediation*, infatti, aggiunge un grado di complessità in più al processo di bonifica, poiché le piante stesse rappresentano un sistema biologico complesso che possiede particolari caratteristiche. Le pratiche agronomiche possono intervenire nel rendere massima la produttività delle piante, la loro capacità di degradazione o di accumulo dei contaminanti, e di conseguenza incidere positivamente sulla resa del processo depurativo.

Per garantire la buona riuscita di un intervento di fitobonifica è indispensabile individuare le specie vegetali adatte alla crescita sul particolare sito e al raggiungimento di determinati obiettivi depurativi.

Generalmente si preferisce limitare la scelta della pianta a specie native, adattate alle condizioni climatiche del sito in esame; in questo caso dati riportati in letteratura possono indirizzare la scelta

su piante di cui è documentata la capacità depurativa nei confronti del contaminante d'interesse. Talvolta specie vegetali che sono cresciute spontaneamente sul sito in esame, e che quindi mostrano forme di tolleranza nei confronti della contaminazione, possono essere utilizzate per l'intervento di bonifica previa verifica, in laboratorio e su scala pilota, dell'effettiva capacità depurativa nei confronti del contaminante.

Il contatto tra i contaminanti e le radici delle piante costituisce il principale limite all'applicazione della *phytoremediation*; per questo motivo la morfologia e la profondità del sistema radicale sono caratteristiche che influiscono notevolmente sull'efficienza di un intervento di fitobonifica.

La lunghezza delle radici influisce direttamente sullo spessore di suolo o sulla profondità della falda che possono essere trattati con la *phytoremediation*.

Generalmente la *phytoremediation* trova applicazione in presenza di sistemi radicali che raggiungono i 30-60 cm per le specie erbacee e i 3 m per quelle arboree.

Le piante costituiscono una fonte alimentare per altri organismi, e i contaminanti che queste assorbono possono trasferirsi alla catena alimentare. Generalmente questo fenomeno riguarda l'accumulo di elementi inorganici (metalli e radionuclidi), tuttavia è stato dimostrato che, durante i processi di fitodegradazione e fitovolatilizzazione, una piccola percentuale di contaminanti organici permane all'interno dei tessuti della pianta¹²⁸.

Il primo passo nella valutazione di questo tipo di rischio è l'individuazione degli organi vegetali interessati dalla contaminazione: le principali vie di esposizione sono rappresentati da frutti, semi e foglie, mentre in misura minore da fusti e radici; il secondo passo prevede l'analisi dei livelli di concentrazione dei contaminanti negli organi interessati, che può indirizzare verso la valutazione del rischio effettivo nel caso di consumo da parte di animali.

Sebbene sia stato dimostrato che alcuni erbivori evitano naturalmente di cibarsi di piante che presentano concentrazioni elevate di metalli, è consigliabile adottare comunque misure di sicurezza per rendere minimo questo rischio; generalmente vengono utilizzati sistemi di recinzione e reticolati che chiudano le possibili vie di accesso alle piante, uniti alla raccolta periodica dei detriti vegetali che si depositano sul suolo. Inoltre, la tecnica di fitoestrazione solitamente mira a tagliare le piante appena il contaminante viene traslocato nei fusti e immediatamente prima della fioritura.

Per concludere correttamente un intervento di fitobonifica è importante programmare la gestione delle masse vegetali prodotte. Il loro destino dipende dal tipo e dalla concentrazione dei contaminanti presenti e generalmente è orientato al compostaggio o all'incenerimento. Un'altra pratica oggi comunemente utilizzata, sebbene meno sostenibile, prevede il conferimento in discarica del materiale vegetale, portando comunque un vantaggio economico: tramite la

fiteostrazione, infatti, si riduce di molto la quantità di materiale da smaltire rispetto all'escavazione del suolo contaminato.

4.3.10 Vantaggi e limiti

La *phytoremediation* presenta alcuni vantaggi che la rendono competitiva nel settore delle tecnologie di bonifica, ma allo stesso tempo possiede aspetti di criticità che ne limitano il campo di applicazione. Vediamo ora in sintesi gli aspetti positivi e negativi che la contraddistinguono:

Vantaggi:

- è un sistema a basso costo, ad azione passiva, che funziona ad energia solare e si autoregola;
- è potenzialmente applicabile in località remote e difficilmente raggiungibili;
- oltre all'azione depurativa contribuisce a prevenire i fenomeni di erosione del suolo, di scorrimento delle acque superficiali e di infiltrazione;
- una volta completata la bonifica offre la possibilità di ricostituire un habitat;
- ha un ottimo impatto sull'opinione pubblica, poiché non è una tecnica invasiva ed è particolarmente apprezzata dal punto di vista estetico.

Limiti:

- può essere applicata solo in presenza di livelli di contaminazione da bassi a moderati, che non rappresentino fenomeni di tossicità per le piante;
- richiede lunghi tempi di applicazione, generalmente anni; questo deriva principalmente dal fatto che le piante sono sistemi biologici che richiedono tempi di crescita definiti e sono soggetti a periodi di dormienza durante i mesi più freddi dell'anno;
- la profondità che può raggiungere l'azione depurativa delle piante è limitata dall'estensione del sistema radicale; nella maggior parte dei casi, la bonifica interessa strati superficiali di suolo e non può essere applicata ad acquiferi profondi;
- condizioni climatiche e idrogeologiche possono restringere il campo di scelta del tipo di pianta che può essere utilizzata;
- è necessario l'uso di agenti chelanti o altre sostanze chimiche allo scopo di facilitare il processo di fiteostrazione, ma è indispensabile un accurato sistema di monitoraggio per evitare l'eccessiva mobilizzazione dei contaminanti; □ sussiste il pericolo di contaminazione della catena alimentare; □ al termine della bonifica, il materiale vegetale eventualmente asportato, deve essere sottoposto a procedure di smaltimento.

4.4 ALTRE MISURE DI MITIGAZIONE AMBIENTALE E OPERE DI URBANIZZAZIONE PRIMARIA

Nell'ottica di reindustrializzazione e di riqualificazione produttiva e ambientale dell'area, si prevede il rifacimento, totale e/o parziale, anche di opere di urbanizzazione primaria quali le strade a servizio del sito industriale, compresi gli allacciamenti alla viabilità principale, spazi di sosta e di parcheggio, collettori per le acque meteoriche, tubazioni per servizi di rete idrica e fognatura, cavidotti per illuminazione, oltre che la messa a verde di quelle aree che non necessitano di bonifica e che risultano non interessate dalle attività di futuro impianto.

Su tali aree, potrebbero essere create aree verdi attrezzate e fruibili da parte dei lavoratori durante le pause ricreative.

Oltre a ciò, è opinione largamente condivisa che la prevenzione e la tutela ambientale debbano essere perseguite attraverso politiche di riduzione dell'impatto ambientale delle opere e delle attività antropiche di nuovo impianto, ma anche attraverso una azione attiva tesa al miglioramento ambientale e paesistico del territorio.

Pertanto, al di là delle aree da dedicare agli interventi di fitorisanamento, si propone di attrezzare quanto più possibile le fasce limitrofe ai maggiori insediamenti produttivi (nuova acciaieria, capannoni industriali...) con un'adeguata copertura vegetale, in maniera da ricreare una certa continuità tra gli habitat limitrofi all'area di stabilimento. Inoltre, le aree vegetate possono assolvere altre molteplici funzioni come:

- potenziamento della vegetazione locale ai fini della protezione e del consolidamento della rete ecologica territoriale,
- diminuzione della diffusione dei rumori,
- produzione di biomasse in vaste aree inutilizzabili ai fini agricoli.

5 MONITORAGGI POST-OPERAM

Come previsto dall' All.3 del D. Lgs. 152/2006 per gli interventi di Messa in Sicurezza, al termine di tutte le fasi previste per la messa in sicurezza, per la bonifica e il ripristino ambientale di un sito inquinato, devono essere effettuate azioni di monitoraggio e controllo, al fine di verificare l'efficacia degli interventi nel raggiungere gli obiettivi prefissati.

Pertanto, posteriormente alla realizzazione degli interventi, occorre prevedere:

- Piano di monitoraggio dello stato di integrità nel tempo delle pavimentazioni esistenti e di nuova realizzazione, con sopralluoghi mirati con frequenza da concordare con gli enti di controllo. Questo piano avrà la finalità di garantire l'efficacia nel tempo degli interventi di MISO realizzati al fine di interrompere i percorsi di migrazione diretti (ingestione e contatto dermico di suolo superficiale) della contaminazione.
- Piano di monitoraggio dei vapori in ambienti "indoor" e "outdoor" da concordare con gli enti di controllo. Questo piano avrà la finalità di garantire l'efficacia nel tempo degli interventi di MISO realizzati al fine di interrompere i percorsi di migrazione di inalazione di vapori outdoor che, si ricorda, hanno determinato un rischio non accettabile in corrispondenza di un'unica sorgente di contaminazione individuata nell'elaborazione di AdR (SS01) per il solo parametro PCB, e, nello specifico, in corrispondenza di n. 8 poligoni di Thiessen (e in altri n. 3 per analisi di vicinato) per un'estensione totale pari a circa 45.000 mq.

Per la realizzazione del piano di monitoraggio dei vapori indoor e outdoor si propone l'applicazione del "Protocollo per il monitoraggio dell'aria indoor/outdoor ai fini della valutazione dell'esposizione inalatoria nei siti contaminati – Sito di Venezia – Porto Marghera", redatto nel Settembre 2014 da ISS, INAIL, ARPAV e Aulss Veneziana, per il SIN di Porto Marghera, ma utile punto di riferimento per qualsiasi altro sito contaminato da sostanze volatili.

La strategia di monitoraggio sarà, pertanto, quella di raccogliere una serie di campioni della matrice aria in posizioni rappresentative sia dal punto di vista spaziale che temporale e che tengano conto delle effettive esposizioni da parte dei frequentatori delle aree.

Il monitoraggio riguarderà il parametro PCB, in quanto unico contaminante che ha generato rischio non accettabile per inalazione di vapori.

Il campionamento di aria in ambienti indoor e outdoor può essere effettuato a mezzo di:

- Campionatore personale: dispositivo applicato alla persona che raccoglie campioni di aria nella zona di respirazione.
- Campionatore ambientale d'area statico: dispositivo posizionato in un punto fisso (quindi non applicato ad una persona) che raccoglie campioni nella zona di interesse.

Alla luce di quanto sopra, eventuali campionatori di tipo statico saranno da prevedere in corrispondenza dei n. 8 punti (poligoni di Thiessen) in corrispondenza dei quali è stata riscontrata la presenza di rischio da inalazione vapori outdoor non accettabile per il parametro PCB, oltre che nei n. 3 punti adiacenti per analisi di vicinato.

In particolare, il protocollo prevede:

“Per gli ambienti outdoor, è opportuno prevedere un campionamento per ogni area omogenea di contaminazione, e comunque lo stesso si ritiene essere rappresentativo per un’area avente un’estensione fino a 2500 m² (50 m x 50 m), che rappresenta l’area minima di esposizione al di sotto della quale non si può ragionevolmente supporre che il recettore possa permanere per tutta la durata di esposizione [APAT, 2008]. Nel caso di aree omogenee di rilevanti dimensioni (indicativamente > 5 ha) la selezione dei punti di campionamento può avvenire in base a criteri ragionati, tali comunque da garantire la rappresentatività del monitoraggio per l’intera area omogenea.”

Nel caso di applicazione, ogni area omogenea sarà rappresentata dal poligono di Thiessen interessato dal rischio per inalazione di vapori outdoor.

Nei siti ad uso del suolo industriale/commerciale, la durata di campionamento può essere stabilita caso per caso in relazione alla effettiva durata dell’esposizione dei bersagli alla contaminazione.

La durata minima della singola campagna di misura, al fine di determinare le concentrazioni ambientali, deve essere pari a 5-14 giorni [ISS, 2013].

La durata complessiva del monitoraggio deve essere rappresentativa del tempo associato al valore di riferimento, qualora esistente (OMS, USEPA, ecc., vedi Allegato 8 B) e in particolare deve essere rappresentativa di tutte le possibili condizioni espositive, con particolare riguardo a quelle più critiche. Anche in relazione a quanto riportato di seguito, si ritiene opportuno eseguire come minimo una campagna di misura nella stagione calda e una nella stagione fredda. Questo al fine di poter valutare eventuali variazioni stagionali dovute a condizioni meteorologiche e/o legate alla variabilità dei cicli delle attività civili (riscaldamenti, flussi di traffico, ecc.).

La stima del rischio cancerogeno secondo il protocollo proposto per la via di esposizione inalatoria è espresso dalla seguente equazione:

$$\text{Risk} = \text{IUR} \cdot \text{EC}$$

dove:

- IUR: "Inhalation Unit Risk" espressa in $(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$,

- EC: "Concentrazione di esposizione" espressa in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

A sua volta la concentrazione di esposizione viene definita dalla seguente equazione:

$$EC = (CA \cdot ET \cdot EF \cdot ED) / AT$$

dove

- CA: concentrazione del contaminante in aria ($\mu\text{g}/\text{m}^3$),
- ET: tempo di esposizione (ore/giorno),
- EF: frequenza d'esposizione (giorni/anno),
- ED: durata d'esposizione (anni),
- AT: tempo sul quale l'esposizione è mediata (tutta la vita in anni x 365 giorni/anno x 24 ore/giorno).

Pertanto, una volta misurata la concentrazione del contaminante in aria (CA in $\mu\text{g}/\text{m}^3$) mediante le campagne di monitoraggio, potrà essere ricavato il valore di rischio cancerogeno associato al parametro PCB, il cui valore di accettabilità di riferimento è 10^{-6} .

6 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il presente documento costituisce la proposta di strategia degli interventi di MISO dei suoli nelle aree in fase di acquisizione da parte di CEVITAL da effettuarsi ai sensi dell'art. 252-bis del D. Lgs. 152/2006 e s.m.i., e secondo quanto previsto dagli artt. 5 e 6 dell'AdP del 24/04/2014.

In particolare, tale AdP riporta (punto B, Tabella 1 dell'art. 6) che gli interventi di messa in sicurezza operativa del suolo a carico del soggetto privato incolpevole (CEVITAL) riguarderebbero solo le aree di proprietà Lucchini spa e che (punto E, Tabella 2 dell'art. 6) gli interventi di messa in sicurezza operativa del suolo relativi alle aree demaniali sono da considerarsi finanziati con risorse pubbliche in danno ai soggetti responsabili, così come gli interventi di 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..

Rispetto a quanto sopra, il promissario acquirente CEVITAL intende impegnarsi all'esecuzione degli interventi di MISO dei suoli necessari anche sulle aree demaniali in concessione e per le quali ha dimostrato interesse. Questa intenzione deriva dalla necessità di poter rendere immediatamente disponibili tutte le aree di interesse industriale, sia di proprietà che in concessione demaniale, nelle quali CEVITAL intende approntare le proprie attività.

A tale proposito CEVITAL intende richiedere che i maggiori oneri di cui intende farsi carico per le attività di MISO dei suoli e non rientranti negli obblighi previsti dall'AdP citato (ovvero interventi di MISO dei suoli nelle aree demaniali), possano essere riconosciuti e in quanto tali stralciati dal computo degli oneri pro-quota previsti per la realizzazione e gestione dell'impianto di trattamento delle acque di falda (punto C, Tabella 1 dell'art. 6 dell'AdP del 24/04/2014).

Tale proposta si fonda non solo sul riconoscimento di oneri aggiuntivi per interventi di cui CEVITAL non costituisce oggetto obbligato, ma anche sul presupposto che gli interventi di MISO dei suoli proposti siano da considerarsi interventi di riduzione del fenomeno di lisciviazione della contaminazione dal suolo verso la falda da parte delle acque meteoriche.

Le aree di intervento ai fini della MISO dei suoli sono state individuate sulla base dei risultati dell'AdR svolta per il sito in oggetto, al fine di valutare il rischio per i lavoratori ivi operanti e calcolare gli obiettivi di bonifica sito-specifici (CSR); l'AdR è stata elaborata in un'ottica estremamente cautelativa, considerando tutti i dati di caratterizzazione disponibili e che l'intero sito fosse privo di pavimentazioni superficiali.

L'AdR condotta ha evidenziato la presenza di zone con rischio non accettabile per alcuni parametri e per alcuni percorsi di esposizione, riguardanti il solo comparto suolo superficiale; in particolare, per inalazione di vapori (per il solo parametro PCB e limitatamente a poche porzioni della Macroarea Nord) e per le vie dirette in maniera più diffusa (As, PCB, IPA).

Gli interventi di MISO proposti nel presente documento consistono in:

- Messa in Sicurezza Operativa dei suoli per le aree operative, che consiste in interventi di copertura superficiale mediante tipologie di pavimentazioni diversificate per aree a seconda della specificità del rischio riscontrato su ciascuna area, ovvero pavimentazioni in calcestruzzo armato in corrispondenza delle aree con rischio per le vie dirette, pavimentazioni in calcestruzzo armato ed elementi impermeabilizzanti in corrispondenza delle aree con rischio per inalazione di vapori, ripristino delle pavimentazioni esistenti, secondo i criteri di cui sopra, in corrispondenza delle aree già pavimentate ma con necessità di MISO.

- Bonifica dei suoli per le aree non operative, che consiste in interventi di fitorisanamento del comparto ambientale suolo superficiale in corrispondenza delle aree non operative del sito, per le quali dovrà essere garantita la totale interdizione ai lavoratori, **fino al raggiungimento degli obiettivi di bonifica, calcolati mediante l'elaborazione di AdR (CSR sito-specifiche)** Tali interventi si configurerebbero, di fatto, come veri e propri interventi di bonifica del suolo.

Le fasi operative degli interventi di MISO dei suoli risultano necessariamente interconnesse alle attività previste dal piano di reindustrializzazione proposto da CEVITAL.

Gli interventi di MISO dei suoli ricadenti in corrispondenza delle aree di prevista reindustrializzazione (area siderurgica, area agro-alimentare ed area logistica) saranno realizzati contestualmente ai rispettivi interventi previsti dal piano industriale; nei 12 mesi successivi alla realizzazione degli interventi previsti dal piano industriale saranno completate le attività di MISO dei suoli (sia nelle aree di proprietà che nelle aree demaniali in concessione).

Le stime temporali di massima per la realizzazione delle attività industriali e di MISO dei suoli prevedono le seguenti tempistiche:

- SETTORE SIDERURGICO (Macroarea Nord): 30 mesi per la realizzazione delle attività previste dal piano industriale ai quali si aggiungono 12 mesi per il completamento degli interventi di MISO dei suoli;

- SETTORE AGROALIMENTARE (Macroarea Sud): 3 anni dal completamento delle dismissioni delle strutture presenti ai quali si aggiungono 12 mesi per il completamento degli interventi di MISO dei suoli;

- SETTORE LOGISTICA (Macroarea Sud): 2 anni dal completamento delle dismissioni delle strutture presenti ai quali si aggiungono 12 mesi per il completamento degli interventi di MISO dei suoli.

I tempi previsti per la realizzazione delle attività di dismissione delle strutture presenti risultano stimati in circa 18 mesi.

Una volta realizzati gli interventi previsti secondo le linee guida fornite dalla presente proposta ed intraprese le azioni di monitoraggio e controllo considerate, di fatto non saranno più da considerarsi attivi i percorsi che hanno generato rischio così come calcolato secondo l'elaborazione di AdR allo stato attuale, ovvero ante-operam.