
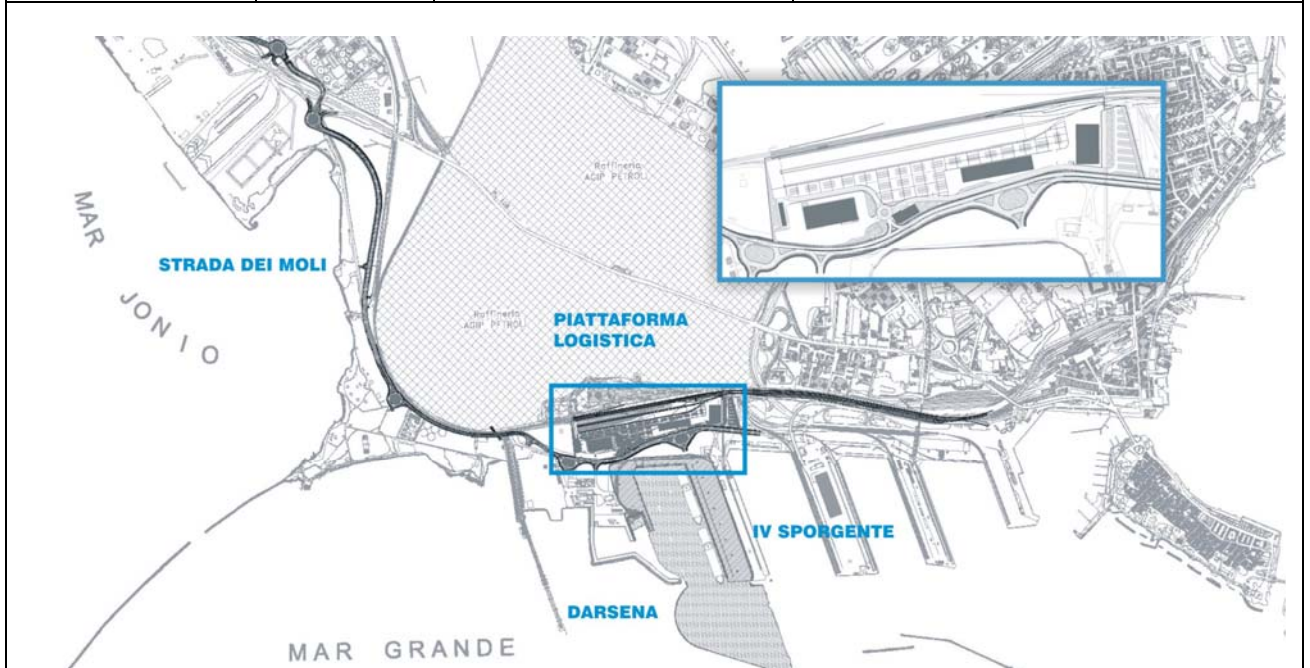




Titolo PROGETTO DEFINITIVO			Documento no. 123.700 D1 ODR A001	Rev 01	Pag. 1	di 73
Area Strada dei Moli Relazione di sintesi dei risultati di caratterizzazione ambientale ed analisi di rischio			 Autorità Portuale di Taranto			
Tipo doc. GEN	Emesso da DTL	Commessa no. 123-700	Progetto: Piastra Portuale di Taranto Legge obiettivo delibera CIPE 74/03 Responsabile del procedimento: Ing. D. Daraio			



Progettazione 	Consulenza  STUDIO GEOTECNICO ITALIANO srl ingegneria geotecnica - ingegneria sismica - ingegneria ambientale geologia applicata
---	--

I	P	SGI	Nosari	D. Spoglianti	G.Geddo	01	Prima emissione	29-09-2006
St.	Sc.	Redatto	Controllato	Controllato	Approvato	Rev.	Tipo di revisione	Data

SOCIETA' DI PROGETTO:
TARANTO LOGISTICA S.p.A.



Progetto	Identificativo documento	Rev.	Pagina	Di
Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	123.700 D1 ODR A001	01	2	73

INDICE

1	PREMESSA	6
2	QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO	7
3	DESCRIZIONE DELLE INDAGINI ESEGUITE	8
3.1	PREMESSA.....	8
3.2	ATTIVITÀ EFFETTUATE NELL’AMBITO DEL PIANO DI INVESTIGAZIONE INIZIALE DEL PIANO DELLA CARATTERIZZAZIONE.....	8
3.2.1	<i>Sintesi delle indagini eseguite</i>	8
3.2.2	<i>Campioni di terreno prelevati dai sondaggi</i>	9
3.2.3	<i>Campioni di acque sotterranee</i>	15
3.2.4	<i>Misure piezometriche</i>	15
3.3	INDAGINI E PROVE GEOTECNICHE.....	15
4	CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E IDROGEOLOGICA	17
4.1	CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE DELL’AREA	17
4.2	CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE DELLE FORMAZIONI.....	17
4.2.1	<i>Argille</i>	18
4.2.2	<i>Riperto e sabbia limosa</i>	19
4.3	PIEZOMETRIA.....	19
5	ANALISI DEI LIVELLI DI CONTAMINAZIONE	21
5.1	PREMESSA.....	21
5.2	CARATTERIZZAZIONE DELLE ACQUE DI MARE.....	21
5.3	SINTESI DELLO STATO DI CONTAMINAZIONE RISCONTRATO IN SITO	22
5.4	IPOTESI DI MODELLO CONCETTUALE	26
6	ANALISI ASSOLUTA DI RISCHIO	28
6.1	PREMESSA.....	28
6.2	MODELLO CONCETTUALE	32
6.2.1	<i>Sorgenti di contaminazione</i>	32
6.2.1.1	<i>Geometria delle sorgenti di contaminazione</i>	34
6.2.1.2	<i>Selezione dei contaminanti indicatori</i>	41
6.2.1.3	<i>Concentrazioni rappresentative delle sorgenti</i>	44
6.2.1.4	<i>Proprietà chimico-fisiche e tossicologiche dei contaminanti</i>	46
6.2.2	<i>Vie di migrazione</i>	46
6.2.2.1	<i>Definizione delle vie di migrazione per le singole aree sorgente</i>	46
6.2.2.2	<i>Stima dei fattori di trasporto</i>	48
6.2.2.3	<i>Volatilizzazione dei contaminanti e limite di saturazione</i>	51
6.2.2.4	<i>Direzione e velocità del vento</i>	52
6.2.2.5	<i>Sintesi dei parametri caratteristici della aree sorgenti utilizzati per l’implementazione dell’analisi di rischio</i>	53
6.2.3	<i>Fattori di esposizione</i>	54
6.2.3.1	<i>Vie di esposizione e bersagli</i>	54
6.2.3.2	<i>Esposizione e fattori di esposizione</i>	54
6.3	CALCOLO DEL RISCHIO	55
6.3.1	<i>Impostazione del calcolo del rischio</i>	55
6.3.2	<i>Area sorgente S1</i>	56
6.3.3	<i>Area sorgente S2</i>	59
6.3.4	<i>Area sorgente S3</i>	60
6.3.5	<i>Area sorgente S4</i>	61



Progetto	Identificativo documento	Rev.	Pagina	Di
Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	123.700 D1 ODR A001	01	3	73

6.3.6	Area sorgente S5.....	63
6.3.7	Area sorgente S6.....	64
6.3.8	Area sorgente S7.....	66
6.3.9	Area sorgente A1.....	67
6.3.10	Area sorgente A2.....	68
7	CONCLUSIONI.....	71
8	RIFERIMENTI NORMATIVI E DOCUMENTI CITATI NEL TESTO	73

TABELLE INTERNE AL TESTO

Tabella 3.1:	sintesi delle indagini di caratterizzazione eseguite	14
Tabella 3.2:	misure piezometriche.....	15
Tabella 3.3:	elenco dei campioni sui quali è stato determinato il coefficiente di permeabilità.....	16
Tabella 3.4:	profondità della tasca per l'esecuzione delle prove Lefranc	16
Tabella 4.1:	determinazioni di k_v a partire dall'interpretazione di prove di consolidazione.....	18
Tabella 4.2:	risultati delle prove Lefranc	19
Tabella 5.1:	risultati analitici di un campione di acqua marina prelevato nella zona prospiciente il sito	21
Tabella 5.2:	estratto della rivista: Water Condition & purification, Gennaio 2005, concentrazioni espresse in mg/l	22
Tabella 5.3:	sintesi dei superamenti delle CSC nei terreni	24
Tabella 5.4:	sintesi dei superamenti delle CSC nelle acque sotterranee	26
Tabella 6.1:	Superamenti delle CSC individuati nei campioni di terreno prelevati.....	29
Tabella 6.2:	Superamenti delle CSC individuati nei campioni di acqua prelevati.....	30
Tabella 6.3:	parametri necessari per la definizione della geometria delle sorgenti	34
Tabella 6.4:	Geometria della sorgente di contaminazione S1	35
Tabella 6.5:	Geometria della sorgente di contaminazione S2.....	36
Tabella 6.6:	Geometria della sorgente di contaminazione S3.....	37
Tabella 6.7:	Geometria della sorgente di contaminazione S4.....	38
Tabella 6.8:	Geometria della sorgente di contaminazione S3.....	38
Tabella 6.9:	Geometria della sorgente di contaminazione S6.....	39
Tabella 6.10:	Geometria della sorgente di contaminazione S6.....	40
Tabella 6.11:	Geometria della sorgente di contaminazione A1	40
Tabella 6.12:	Geometria della sorgente di contaminazione A1	41
Tabella 6.13:	Contaminanti indice relativi alle sorgenti di contaminazione individuate nel suolo	43
Tabella 6.14:	Contaminanti indice relativi alle sorgenti di contaminazione individuate nelle acque sotterranee.....	43
Tabella 6.15:	Concentrazioni rappresentative delle sorgenti individuate	46
Tabella 6.16:	Vie di esposizione relative ad ogni area sorgente individuata	48
Tabella 6.17:	Sintesi dei parametri caratteristici delle aree sorgente	53



Progetto	Identificativo documento	Rev.	Pagina	Di
Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	123.700 D1 ODR A001	01	4	73

Tabella 6.18:sintesi degli indici utilizzati	55
Tabella 6.19:valutazione del rischio riferito al suolo superficiale nell'area sorgente S1	57
Tabella 6.20: valutazione dell'indice di pericolo riferito al suolo superficiale nell'area sorgente S1	58
Tabella 6.21:valutazione dell'indice di pericolo riferito al suolo profondo nell'area sorgente S1	59
Tabella 6.22: valutazione del rischio riferito al suolo superficiale nell'area sorgente S2	59
Tabella 6.23: valutazione dell'indice di pericolo riferito al suolo superficiale nell'area sorgente S3	60
Tabella 6.24:valutazione dell'indice di pericolo riferito al suolo superficiale nell'area sorgente S4	61
Tabella 6.25: valutazione dell'indice di pericolo riferito al suolo profondo nell'area sorgente S4	62
Tabella 6.26:valutazione del rischio riferito al suolo profondo nell'area sorgente S5	63
Tabella 6.27:valutazione dell'indice di pericolo riferito al suolo profondo nell'area sorgente S5	64
Tabella 6.28:valutazione del rischio riferito al suolo profondo nell'area sorgente S6	64
Tabella 6.29:valutazione dell'indice di pericolo riferito al suolo profondo nell'area sorgente S6	65
Tabella 6.30: valutazione dell'indice di pericolo riferito al suolo superficiale nell'area sorgente S7	66
Tabella 6.31:valutazione del rischio riferito all'area sorgente A1	67
Tabella 6.32:valutazione dell'indice di pericolo riferito all'area sorgente A1	68
Tabella 6.33:valutazione del rischio riferito all'area sorgente A2	69
Tabella 6.34:valutazione dell'indice di pericolo riferito all'area sorgente A2	69

TAVOLE:

D1 ODR A101	Planimetria di inquadramento dell'area e ubicazione dei punti di indagine
D1 ODR A102	Strada dei Moli - Sintesi dei risultati di caratterizzazione ambientale
D1 ODR A103	Sezioni Litostratigrafiche
D1 ODR A104	Analisi di rischio: individuazione delle aree sorgenti

ALLEGATI:

Allegato 1	<u>Stratigrafie</u>
Allegato 2	<u>Documentazione fotografica</u>
Allegato 3	<u>Prove geotecniche</u>
Allegato 4	<u>Certificati analitici</u>
Allegato 5	<u>Calcolo del rischio per l'area sorgente S1</u>
Allegato 6	<u>Calcolo del rischio per l'area sorgente S2</u>
Allegato 7	<u>Calcolo del rischio per l'area sorgente S3</u>
Allegato 8	<u>Calcolo del rischio per l'area sorgente S4</u>
Allegato 9	<u>Calcolo del rischio per l'area sorgente S5</u>
Allegato 10	<u>Calcolo del rischio per l'area sorgente S6</u>



Progetto	Identificativo documento	Rev.	Pagina	Di
Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	123.700 D1 ODR A001	01	5	73

Allegato 11 Calcolo del rischio per l'area sorgente S7

Allegato 12 Calcolo del rischio per l'area sorgente A1

Allegato 13 Calcolo del rischio per l'area sorgente A2



Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 6	Di 73
---	---	------------	-------------	----------

1 PREMESSA

Nel presente documento sono descritti i risultati ottenuti dalle attività di caratterizzazione ambientale svolte lungo il futuro tracciato della Strada dei Moli, che collega l'area portuale di Taranto e la zona industriale correndo parallelamente alla costa. Le attività di indagine si sono svolte secondo quanto previsto nel Piano della Caratterizzazione (Doc. [3]) e recependo le modifiche ed integrazioni indicate nel Verbale di approvazione del documento dalla Conferenza dei Servizi decisoria del 03/08/2005 (Doc.[4]). Viene allegata alla presente relazione una copia su supporto informatico dei certificati delle prove di laboratorio eseguite sui campioni prelevati nella campagna di indagine.

Secondo quanto prescritto dalla Normativa (Doc.[1]) *“sulla base delle risultanze della caratterizzazione, al sito è stata applicata la procedura di analisi di rischio sito specifica”* (art. 242, c.4) con la finalità di determinare gli obiettivi delle successive fasi di bonifica. Il documento si compone quindi delle seguenti parti:

- sintesi delle attività di caratterizzazione svolte;
- analisi dei livelli di contaminazione;
- analisi assoluta di rischio.



Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 7	Di 73
--	--	-------------------	--------------------	-----------------

2 QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

Il documento è stato redatto in accordo con quanto prescritto dalla parte quarta del Decreto Legislativo 3 Aprile 2006, n. 152 “Norme in materia ambientale” (Doc. [1]).



Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 8	Di 73
---	---	------------	-------------	----------

3 DESCRIZIONE DELLE INDAGINI ESEGUITE

3.1 Premessa

Nel presente capitolo è sintetizzata l'attività d'indagine eseguita sull'area in oggetto, in applicazione a quanto specificato nel piano d'investigazione iniziale definito nel Piano di Caratterizzazione (cfr. Doc. [3]).

Le attività di campo e di laboratorio sono state condotte secondo le specifiche d'indagine contenute nel suddetto Piano, integrate con le prescrizioni del verbale di approvazione della Conferenza dei Servizi (Doc.[4]).

Nella Tavola D1 ODR A101 sono individuate le aree oggetto di caratterizzazione. Tali aree corrispondono a due tratti distinti del futuro tracciato della Strada dei Moli. La zona compresa tra i due tratti è oggetto di un procedimento differente a carico di AGIP Petroli S.p.a..

Rispetto a quanto previsto nel Piano della Caratterizzazione (cfr. Doc. [3]) è stato indagato un tratto della Strada dei Moli di lunghezza inferiore a causa di un cambiamento di tracciato in sede di progettazione definitiva.

3.2 Attività effettuate nell'ambito del piano di investigazione iniziale del piano della caratterizzazione

Le attività di caratterizzazione sono state effettuate nel periodo Maggio – Luglio 2006. Per l'esecuzione dei sondaggi e il prelievo dei campioni è stata incaricata l'impresa Toma Abele Trivellazioni S.r.l., mentre le analisi chimiche sono state effettuate dal laboratorio CHELAB. Le attività di indagine sono state supervisionate da Studio Geotecnico Italiano S.r.l..

3.2.1 Sintesi delle indagini eseguite

Le indagini geognostiche e le attività di campionamento sono consistite in:

- esecuzione di 72 sondaggi geognostici superficiali a carotaggio continuo (profondità comprese tra 5m e 8,5m);
- esecuzione di 23 sondaggi geognostici profondi a carotaggio continuo (profondità comprese tra 8,5m e 30,1m), di cui 6 attrezzati a piezometro;
- prelievo di 215 campioni di terreno;
- prelievo di 6 campioni di acqua di falda;
- prelievo di un campione di acqua marina.

L'ubicazione delle indagini eseguite è riportata in Tavola D1 ODR A101. I sondaggi sono stati realizzati, in ottemperanza a quanto prescritto nei Documenti [3] e [4], secondo una maglia di 50mx50m.

Rispetto a quanto previsto nel Piano della Caratterizzazione non è stato realizzato il piezometro (PZ8) appartenente al tratto di strada non caratterizzato (cfr. Tavola D1 ODR A101). Il piezometro PZ1 non è stato installato per assenza di falda.

Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 9	Di 73
--	--	------------	-------------	----------

Da ciascun sondaggio è stato prelevato un numero di campioni funzione della stratigrafia rilevata al momento dell'indagine, delle evidenze organolettiche e della necessità di ricavare da ciascun campione una quantità di terreno sufficiente a predisporre tre aliquote per le analisi chimiche di laboratorio.

I campioni contrassegnati dalla sigla L1 rappresentano, per ogni sondaggio, il campione di top soil. Si sottolinea che in qualche caso le quote di testa e fondo del campione possono non coincidere con quelle previste nel Piano della Caratterizzazione (0m-1m) in quanto contingenze specifiche (presenza di vegetazione o coperture) hanno impedito di campionare i primissimi centimetri di terreno, oppure ci si è trovati in presenza di terreni con scarsa o nulla frazione fine, necessaria per la costituzione dei campioni.

3.2.2 Campioni di terreno prelevati dai sondaggi

L'elenco dei sondaggi eseguiti, dei campioni raccolti e le relative profondità sono riportati nella seguente tabella.

Sondaggio	Profondità sondaggio (m)	Sigla campione	Sommità del campione (m da p.c.)	Base del campione (m da p.c.)
PZ1	10	L1	0	1
		L2	7	8
PZ2	8	L1	0	1
		L2	6	7
PZ3	8	L1	0	1
		L2	3	4
PZ4	7,5	L1	0	1
		L2	5,5	6,5
PZ5bis	0	L1	0,7	1,7
		L2	9	10
		L3	11	12
PZ6	12,6	L1	0	1
		L2	3	4
		L3	11,6	12,6
PZ7	13	L1	0	1
		L2	3,8	4,5
		L3	11	12
S1	8	L1	0	1
		L2	7	8
S2	8	L1	0	1
		L2	7	8
S3	8	L1	0	1
		L2	7	8
S4	8	L1	0	1



Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 10	Di 73
---	---	------------	--------------	----------

Sondaggio	Profondità sondaggio (m)	Sigla campione	Sommità del campione (m da p.c.)	Base del campione (m da p.c.)
		L2	7	8
S5	8	L1	0	1
		L2	7	8
S6	8	L1	0	1
		L2	7	8
S7	8	L1	0	1
		L2	5	6
		L3	7	8
S8	8	L1	0	1
		L2	7	8
S9	8	L1	0	1
		L2	7	8
S10	8	L1	0	1
		L2	7	8
S11	8	L1	0	1
		L2	6,4	7,4
S12	8	L1	0	1
		L2	5,7	6,7
S13	8	L1	0	1
		L2	7	8
S14	8	L1	0	1
		L2	6,3	7,3
S15	8	L1	0	1
		L2	2	3
		L3	6	7
S16	8	L1	0	1
		L2	4,6	5,6
S17	8	L1	0	1
		L2	5	6
S17BIS	8	L1	0	1
		L2	3,1	4,1
S18	8	L1	0	1
		L2	4,2	5,2
S18BIS	8	L1	0	1
		L2	5	6
S19	8	L1	0,5	1,5
		L2	4	5
S20	8	L1	0	1
		L2	3	4
S21	8	L1	0	1

Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 11	Di 73
---	---	------------	--------------	----------

Sondaggio	Profondità sondaggio (m)	Sigla campione	Sommità del campione (m da p.c.)	Base del campione (m da p.c.)
		L2	6	7
S22	8	L1	0	1
		L2	4	5
S23	8	L1	0	1
		L2	4	5
S24	8,5	L1	0	1
		L2	3	4
		L3	6,9	7,9
S25	8	L1	0	1,2
		L2	3	4
		L3	7	8
S26	8	L1	0	1
		L2	7	8
S27	8	L1	0	1,2
		L2	6,9	7,9
S28	8	L1	0	1
		L2	5	6
S29	9,5	L1	0	1
		L2	7,7	8,6
S30	8	L1	0,1	1
		L2	7	8
S31	8	L1	0	1
		L2	7	8
S32	10	L1	0	1
		L2	6,5	7,5
S33	10	L1	0	1
		L2	7	8
S34	8,7	L1	0	1
		L2	3,5	4,5
		L3	7	8
S35	8	L1	0,5	1,5
		L2	4,5	5,5
		L3	7	8
S36bis	8	L1	0	1
		L2	7	8
S37	9	L1	0	1
		L2	6	7
		L3	8	9
S38	11	L1	0	1
		L2	5	6



Sondaggio	Profondità sondaggio (m)	Sigla campione	Sommità del campione (m da p.c.)	Base del campione (m da p.c.)
		L3	8,5	9,5
S39	8	L1	0	1
		L2	7	8
S40bis	8	L1	0	1
		L2	7	8
S41bis	8	L1	0	1
		L2	7	8
S42bis	8	L1	0	1
		L2	7	8
S43bis	8	L1	0	1
		L2	5	6,5
		L3	7	8
S44bis	8	L1	0	1
		L2	7	8
S45	8	L1	0	1
		L2	7	8
S46	8	L1	0	1
		L2	4,5	5,5
		L3	7	8
S47	8	L1	0,5	1,5
		L2	7	8
S48	8	L1	0,5	1,5
		L2	7	8
S49	8	L1	1	2
		L2	7	8
S50	8	L1	0	1
		L2	7	8
S51	8	L1	0	1
		L2	2,5	3,6
		L3	7	8
S52	8	L1	0	1
		L2	7	8
S53	8	L1	0	1
		L2	7	8
S54	8	L1	0	1
		L2	7	8
S55	8	L1	0	1
		L2	7	8
S56	13	L1	0	1
		L2	7	8
		L3	1,1	1,2



Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 13	Di 73
---	---	------------	--------------	----------

Sondaggio	Profondità sondaggio (m)	Sigla campione	Sommità del campione (m da p.c.)	Base del campione (m da p.c.)
S57	8	L1	0	1
		L2	7	8
S58	8	L1	0	1
		L2	7	8
S59	8	L1	0	1
		L2	3	4
		L3	7	8
S60	8	L1	0	1
		L2	7	8
S61	8	L1	0	1
		L2	7	8
S62	20	L1	0	1
		L2	11	12
S63	8	L1	0	1
		L2	3,9	4,9
		L3	7	8
S64	8	L1	0	1
		L2	4,2	5,2
		L3	7	8
S65	8	L1	0	1
		L2	3	4
		L3	7	8
S66	8	L1	0	1
		L2	3,6	4,6
		L3	7	8
S67	8	L1	0,2	1
		L2	3,5	4,5
		L3	7	8
S68	8	L1	0	1
		L2	7	8
S69	8	L1	0	1
		L2	7	8
S70	8	L1	0	1
		L2	7	8
S71	8	L1	0	1
		L2	7	8
S72	8	L1	0	1
		L2	5,5	6,5
		L3	7	8
SP201	30	L1	0	1
		L2	7	8

Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 14	Di 73
--	--	------------	--------------	----------

Sondaggio	Profondità sondaggio (m)	Sigla campione	Sommità del campione (m da p.c.)	Base del campione (m da p.c.)
SP206	30,1	L1*	0,5	3,5
		L2	3,5	4,2
		L3	1,1	1,2
SP207	30	L1	0	1
		L2	4	5
		L3	11,6	12,2
SP208	30	L1	0	1
		L2	11	12
SP208BIS	8,5	L1	0	1
		L2	3	4
		L3	7	8
SP209	30	L1	0	1
		L2	11	12
SP210	0	L1	0	1
		L2	8	9
SP210BIS	8	L1	0	1
		L2	7	8
SP211	30	L1	0	1
		L2	7,5	8,5
SP211BIS	0	L1	0	1
		L2	7	8
SP212	30	L1	0	1
		L2	8,2	9,2
SP212BIS	8	L1	0	1
		L2	3	4
SP213	30	L1	0	1
		L2	8,8	9,84
SS204BIS	12	L1	0,3	1
		L2	11	12

**: con la finalità di prelevare tale campione in tre aliquote è stato necessario perforare il terreno sino alla profondità indicata per la presenza di numerosi vuoti e terreno grossolano*

Tabella 3.1: sintesi delle indagini di caratterizzazione eseguite

I campioni prelevati sono stati successivamente sottoposti alle analisi chimiche di cui al par. 5.3.

Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 15	Di 73
--	--	------------	--------------	----------

3.2.3 Campioni di acque sotterranee

Durante il periodo di esecuzione delle indagini è stata effettuata una campagna di campionamento delle acque di falda che ha interessato tutti i piezometri realizzati nell'area in esame (PZ2-PZ7). Tali campioni sono poi stati sottoposti alle analisi chimiche di cui al par. 5.3.

3.2.4 Misure piezometriche

Nell'ambito delle attività di caratterizzazione è stata effettuata una serie di misure piezometriche. Nella seguente tabella sono riportati i valori della quota piezometrica misurati:

Sondaggio	Quota piezometrica rilevata (in m s.l.m.)
Pz2	0.574
Pz3	0.868
Pz4	0.454
Pz5Bis	1.188
Pz6	0.637
Pz7	0.959

Tabella 3.2: misure piezometriche

3.3 Indagini e prove geotecniche

Con la finalità di caratterizzare da un punto di vista geotecnico il tracciato della futura strada, sono state eseguite ulteriori indagini e prove di laboratorio. Tali dati sono stati utilizzati per integrare le informazioni ottenute per mezzo delle attività di caratterizzazione ambientale ed ottenere un modello fisico il più possibile dettagliato dell'area oggetto di studio. Le prove di laboratorio geotecnico sono state eseguite dal laboratorio CGG S.r.l.

In tavola D1 ODR A101 sono indicate le ubicazioni dei sondaggi eseguiti per la caratterizzazione geotecnica dell'area. In Allegato 3 sono raccolti i certificati relativi alle prove geotecniche di laboratorio e di campo eseguite. Nella tabella seguente sono elencati i campioni sui quali sono stati calcolati valori per il coefficiente di permeabilità delle argille in modo indiretto (a partire dai risultati delle prove edometriche).

Sondaggio	Campione	Profondità di prelievo (m da p.c.)
S62	1	13,50 - 13,95

Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 16	Di 73
---	---	------------	--------------	----------

Sondaggio	Campione	Profondità di prelievo (m da p.c.)
S62	3	19,60 - 20
SP201	3	15 - 15,35
SP202	1	10,65 - 11,25
SP202	4	18 - 18,60
SP203	1	6,60 - 7,20
SP203	5	18 - 18,50
SP204	4	14,50 - 15
SP204	1	4,50 - 5
SP205	1	9 - 9,50
SP206	1	13,50 - 14
SP207	1	13,30 - 13,80
SP208	2	18,50 - 19
SP209	1	16,50 - 17
SP209	4	28 - 28,50
SP210	1	14,50 - 15
SP210	3	20,50 - 20,93
SP211	1	10,50 - 11,05
SP211	4	19,50 - 20,05
SP212	1	12 - 12,55
SP213	1	10,50 - 11,05
SP213	7	29,30 - 29,80
SS201	1	6 - 6,50
SS203	2	11,80 - 12,40

Tabella 3.3: elenco dei campioni sui quali è stato determinato il coefficiente di permeabilità

Sono state inoltre effettuate sei prove Lefranc a carico variabile per determinare i valori di permeabilità delle litologie di tipo sabbioso costituenti l'acquifero. In particolare sono state effettuate le seguenti prove.

Sondaggio	Profondità della tasca di prova (m da p.c.)
S37	4,85-5,15
S59	6-7
S63	6,8-7,3
S66	4,5-5
S69	6-6,8
S72	7-8

Tabella 3.4: profondità della tasca per l'esecuzione delle prove Lefranc

Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 17	Di 73
---	---	------------	--------------	----------

4 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E IDROGEOLOGICA

4.1 Caratteristiche litostratigrafiche dell'area

L'area del futuro tracciato della Strada dei Moli si trova attualmente a quote comprese tra m 1,37s.l.m. e 11,98m s.l.m., rilevate in corrispondenza dei punti di esecuzione dei sondaggi (i valori più elevati sono per lo più relativi a sondaggi eseguiti in corrispondenza di rilevati stradali).

Il “pacchetto” stratigrafico tipico vede uno strato a granulometria da fine a grossolana con matrice limo-argillosa poggiato su uno strato argilloso a bassa permeabilità; tale stratigrafia si presenta con continuità lungo tutto il tracciato della futura strada, anche se profondità e spessori sono variabili da punto a punto. In particolare è possibile distinguere quattro litologie differenti che vanno a costituire i due strati suddetti:

- a) **Riporto:** non è sempre del tutto distinguibile nelle descrizioni stratigrafiche. Esso è composto da terreni di diversa natura, quali ghiaie, sabbie, limi e argille, che si alternano sia verticalmente, che sub-orizzontalmente. In alcuni sondaggi si sono inoltre osservati riporti di natura antropica. Lo spessore è indicativamente compreso tra 1,5m e 9,7m circa.
- b) **sabbia limosa - limo sabbioso:** al di sotto del riporto e fino ad una profondità da piano campagna variabile da 2m a 12,5m circa, è presente un strato naturale di sabbia limosa o di limo sabbioso. Lo spessore di questo strato, non sempre presente, varia da 0,5m a 8,3m circa. Le descrizioni stratigrafiche lo definiscono poco addensato e non è rara al suo interno la presenza di argilla.
- c) **Argilla alterata:** al di sotto dello strato b) si osserva uno strato di limo argilloso (non sempre raggiunto dai sondaggi) di spessore variabile tra 2m e 7,75m circa. Si tratta di un'argilla plastica, consistente, di colore giallastro che precede l'argilla di Taranto di seguito descritta e di cui costituisce uno stato di alterazione.
- d) **Argilla di Taranto:** il passaggio dal litotipo precedente a questo avviene senza soluzione di continuità. Il tetto di questa formazione è posizionabile ad una profondità variabile tra 3m e 13 m circa e lo strato si estende fino alle massime profondità indagate (30,1m da p.c.). Il materiale è costituito da argilla limosa plastica da consistente a molto consistente, di colore grigio azzurro tendente al verdastro con la profondità.

In Tavola D1 ODR A103 sono riportate le sezioni litostratigrafiche ricostruite.

4.2 Caratteristiche idrogeologiche delle formazioni

Dal punto di vista idrogeologico è possibile delineare un modello che prevede un acquifero freatico costituito dalle litologie a e b, di cui al precedente paragrafo, delimitato alla base dalle argille di Taranto (litologia c e d), caratterizzate da permeabilità molto modesta.

Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 18	Di 73
---	---	------------	--------------	----------

4.2.1 Argille

I dati a disposizione per la stima del coefficiente di permeabilità derivano da misure indirette di k_v , ossia dall'interpretazione della curva di consolidazione delle prove edometriche in termini di coefficiente di compressione volumetrica c_v .

Dalle prove di laboratorio effettuate sulle argille (litologie c e d) sono stati ottenuti i seguenti risultati:

Sondaggio	Campione	Profondità di prelievo (m da p.c.)	K_v (m/s)
S62	1	13,50 - 13,95	8,42E-11
S62	3	19,60 - 20	6,53E-11
SP201	3	15 - 15,35	6,61E-11
SP202	1	10,65 - 11,25	7,32E-11
SP202	4	18 - 18,60	3,88E-11
SP203	1	6,60 - 7,20	9,03E-11
SP203	5	18 - 18,50	9,7E-11
SP204	4	14,50 - 15	9,54E-11
SP204	1	4,50 - 5	5,51E-11
SP205	1	9 - 9,50	7,22E-11
SP206	1	13,50 - 14	2,72E-11
SP207	1	13,30 - 13,80	3,33E-10
SP208	2	18,50 - 19	7,8E-11
SP209	1	16,50 - 17	1,48E-10
SP209	4	28 - 28,50	6,94E-11
SP210	1	14,50 - 15	4,44E-10
SP210	3	20,50 - 20,93	6,87E-11
SP211	1	10,50 - 11,05	2,76E-10
SP211	4	19,50 - 20,05	5,31E-11
SP212	1	12 - 12,55	8,14E-11
SP213	1	10,50 - 11,05	2,16E-10
SP213	7	29,30 - 29,80	2,09E-11
SS201	1	6 - 6,50	5,9E-11
SS203	2	11,80 - 12,40	6,1E-11

Tabella 4.1: determinazioni di k_v a partire dall'interpretazione di prove di consolidazione

Si può quindi assumere che le argille siano caratterizzate dai seguenti valori medi di permeabilità verticale e orizzontale:

$$k_v = 2,09 \cdot 10^{-11} \text{ m/s} \div 4,44 \cdot 10^{-10} \text{ m/s}$$

$$k_h = 6,27 \cdot 10^{-11} \text{ m/s} \div 1,33 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}^{(1)}$$

¹ In accordo a Lollino (2000) (cfr. Doc. [5]), il rapporto k_h/k_v è valutabile pari a 3 per campioni di argille di taranto

Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 19	Di 73
---	---	------------	--------------	----------

4.2.2 Riporto e sabbia limosa

Le prove Lefranc (cfr. Allegato 3) effettuate all'interno degli strati più permeabili (litologie a e b) hanno fornito i seguenti risultati:

Sondaggio	Kh (m/s)
S37	3,36E-04
S59	ND
S63	8,21E-05
S66	4,77E-05
S69	1,42E-05
S72	1,36E-05

Tabella 4.2: risultati delle prove Lefranc

Si può quindi assumere che le litologie siano caratterizzati dai seguenti valori medi di permeabilità verticale e orizzontale:

$$k_h = 1,36 \cdot 10^{-5} \text{ m/s} \div 3,36 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

$$k_v = 2,76 \cdot 10^{-6} \text{ m/s} \div 6,72 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}^{(2)}$$

4.3 Piezometria

L'installazione di 6 piezometri ha permesso di misurare il livello della falda, di tipo freatico, nell'area del sito.

La quota di falda varia nell'intervallo +0,45 ÷ +0,95m s.l.m.. Nelle successive elaborazioni non si è tenuto conto della misura effettuata in PZ5Bis (+1,18m s.l.m.) in quanto ritenuta non congruente con gli altri dati falda.

La particolare disposizione dei piezometri (ubicati in corrispondenza dell'asse stradale) rende difficile ricostruire la piezometria dell'area; tuttavia sembra ragionevole ipotizzare, data la vicinanza alla linea di costa, un andamento a questa ortogonale e dunque in direzione Nord-Ovest→Sud-Est per la parte più a sud del sito ed una direzione Est→Ovest per la parte a nord.

Sotto queste ipotesi la falda può essere caratterizzata da un gradiente medio pari a circa 0.2%. si assume che la falda oggetto di studio sia a diretto contatto con il mare e, quindi, soggetta all'ingressione del cuneo salino. Tale

² E' stato ipotizzato un rapporto k_h/k_v pari a 5



Progetto	Identificativo documento	Rev.	Pagina	Di
Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	123.700 D1 ODR A001	01	20	73

ipotesi trova verifica sperimentale nei valori mediamente elevati di composti inorganici quali solfati e boro, riscontrati nei campioni di acqua di falda prelevati.

Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 21	Di 73
---	---	------------	--------------	----------

5 ANALISI DEI LIVELLI DI CONTAMINAZIONE

5.1 Premessa

Il capitolo presenta una sintesi dei risultati della caratterizzazione ambientale effettuata confrontando i risultati analitici ottenuti in laboratorio con i valori delle concentrazioni soglia di contaminazione (CSC) proposte dalla Normativa (Doc [1]).

I parametri chimici che sono stati analizzati sono quelli proposti nel Piano di Caratterizzazione (Doc.[3]), integrati secondo quanto prescritto nel verbale di approvazione della Conferenza dei Servizi (Doc [4]).

I parametri misurati sono i seguenti:

Terreni e acque di falda

- Metalli;
- IPA;
- PCB e Diossine;
- idrocarburi C<12 e C>12;
- BTEX;
- composti organo-clorurati cancerogeni e non;
- cianuri, solfati, cloruri e fluoruri (nelle acque sotterranee);

Su un'aliquota (cfr. Documento [3]) dei campioni prelevati sono stati ricercati Amianto ed MTBE.

Acqua di mare

È stato prelevato un campione dalle acque marine antistanti la parte sud del sito (IV Sporgente) per il quale sono stati determinati conducibilità elettrica, potenziale di ossido-riduzione, pH, solfati e cloruri.

Tipicamente, per un'acqua marina si possono assumere i valori di concentrazione riportati nella Tabella 5.2.

5.2 Caratterizzazione delle acque di mare

È stato prelevato un campione di acqua marina in prossimità del sito oggetto di studio per valutarne le caratteristiche chimiche. I risultati di tali analisi sono sintetizzati nella seguente tabella:

Conducibilità elettrica 20 °c	74100	microS/cm
Potenziale redox	258	mV
Ph	8,24	
Solfati	3340	mg/l
Cloruri	21700	mg/l

Tabella 5.1: risultati analitici di un campione di acqua marina prelevato nella zona prospiciente il sito

Inoltre, da bibliografia, si possono assumere i valori di concentrazione riportati nella seguente tabella.

Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 22	Di 73
--	--	------------	--------------	----------

Componente	Tipica acqua di mare	Mediterraneo orientale
Cloro (Cl ⁻)	18980	21200
Sodio (Na ⁺)	10556	11800
Zolfo (SO ₄ ²⁻)	2649	2950
Magnesio (Mg ²⁺)	1262	1403
Calcio (Ca ²⁺)	400	423
Potassio (K ⁺)	380	463
Bicarbonato (HCO ₃ ⁻)	140	-
Stronzio (Sr ²⁺)	13	-
Bromo (Br ⁻)	65	155
Boro (come BO ₃ ⁻)	26	72
Fluoro (F ⁻)	1	-
Silicio (come SiO ₃ ⁻)	1	-
Iodio (I ⁻)	<1	2
Altri	-	-
Totale solidi disciolti (TDS)	34483	38600

Tabella 5.2: estratto della rivista: *Water Condition & purification*, Gannaio 2005, concentrazioni espresse in mg/l

In generale le concentrazioni di parametri inorganici misurate nelle acque sotterranee possono essere associate all'ambiente marino-costiero, in cui il sito è collocato.

5.3 Sintesi dello stato di contaminazione riscontrato in sito

I risultati ottenuti dalle attività di caratterizzazione sono sintetizzati in Tavola D1 ODR A102, dove, per ogni punto di indagine, sono indicati i valori di concentrazione che superano le concentrazioni soglia di contaminazione CSC per acque di falda e terreni (con riferimento alla Colonna B, Tabella 1, Allegato 5, Titolo V, Parte IV del Doc. [1]: Siti ad uso commerciale ed industriale).

Per quanto riguarda i campioni di **terreno**, sono da evidenziare superamenti delle CSC soprattutto per metalli, idrocarburi e IPA. I superamenti riguardano sia i campioni superficiali che quelli più profondi. In un solo campione di media profondità (prelevato nel sondaggio PZ6) è stata ottenuta una concentrazione di Xileni superiore al limite di legge. Nel campione superficiale del sondaggio SP206 si sono avuti superamenti delle CSC per i PCB.

Anche nelle **acque sotterranee** sono stati rilevati superamenti delle CSC soprattutto per composti inorganici, IPA e metalli. In un solo campione (prelevato nel piezometro PZ6) è stata misurata una concentrazione di PCB oltre il valore soglia, mentre in due campioni (prelevati dai piezometri PZ6 e PZ3) è stata rilevata presenza di benzene oltre le CSC. Altri superamenti dei valori soglia che appaiono correlabili alla vicinanza con il mare riguardano parametri inorganici quali boro e solfati.

In generale si può affermare che le entità dei superamenti dei valori soglia sono modeste, soprattutto per i composti della famiglia degli Idrocarburi Policiclici Aromatici.

Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 23	Di 73
--	--	------------	--------------	----------

Segue un elenco dettagliato dei campioni dove sono stati riscontrati superamenti delle concentrazioni soglia di contaminazione.

• **Terreni**

Nella seguente tabella sono riportati i superamenti delle CSC relative a siti ad uso commerciale ed industriale. Per ogni superamento sono indicati il sondaggio ed il campione di appartenenza, nonché il relativo limite di legge; i dati sono ordinati per tipologia di analita e sondaggio.

Sondaggio	Campione	Profondità del campione da p.c.	Analita	Concentrazione rilevata	CSC
S12	L1	0m -1m	Benzo (a) antracene	30,41 mg/kg	10 mg/kg
S12	L1	0m -1m	Benzo (a) pirene	27 mg/kg	10 mg/kg
S12	L1	0m -1m	Benzo (b) fluorantene	47,01 mg/kg	10 mg/kg
S12	L1	0m -1m	Benzo (g,h,i) perilene	16,52 mg/kg	10 mg/kg
S12	L1	0m -1m	Benzo (k) fluorantene	12,36 mg/kg	10 mg/kg
S12	L1	0m -1m	Indeno (1,2,3-cd) pirene	15,12 mg/kg	5 mg/kg
S12	L1	0m -1m	Pirene	51,56 mg/kg	50 mg/kg
S12	L1	0m -1m	IPA totali	245,45 mg/kg	100 mg/kg
S42bis	L2	7m -8m	Benzo (a) antracene	12,4 mg/kg	10 mg/kg
S42bis	L2	7m -8m	Benzo (a) pirene	10,89 mg/kg	10 mg/kg
S42bis	L2	7m -8m	Benzo (b) fluorantene	15,12 mg/kg	10 mg/kg
S42bis	L2	7m -8m	Indeno (1,2,3-cd) pirene	6,12 mg/kg	5 mg/kg
S45	L2	7m -8m	Benzo (a) antracene	14,414 mg/kg	10 mg/kg
S45	L2	7m -8m	Benzo (a) pirene	12,489 mg/kg	10 mg/kg
S45	L2	7m -8m	Benzo (b) fluorantene	17,287 mg/kg	10 mg/kg
S45	L2	7m -8m	Indeno (1,2,3-cd) pirene	6,825 mg/kg	5 mg/kg
S45	L2	7m -8m	IPA totali	106,376 mg/kg	100 mg/kg
S46	L3	7m -8m	Benzo (a) antracene	11,86 mg/kg	10 mg/kg
S46	L3	7m -8m	Benzo (a) pirene	10,8 mg/kg	10 mg/kg
S46	L3	7m -8m	Benzo (b) fluorantene	13,27 mg/kg	10 mg/kg
S46	L3	7m -8m	Indeno (1,2,3-cd) pirene	6,98 mg/kg	5 mg/kg
S47	L2	7m -8m	Benzo (a) antracene	40,45 mg/kg	10 mg/kg
S47	L2	7m -8m	Benzo (a) pirene	33,03 mg/kg	10 mg/kg
S47	L2	7m -8m	Benzo (b) fluorantene	43,2 mg/kg	10 mg/kg
S47	L2	7m -8m	Benzo (g,h,i) perilene	19,18 mg/kg	10 mg/kg
S47	L2	7m -8m	Benzo (k) fluorantene	10,47 mg/kg	10 mg/kg
S47	L2	7m -8m	Indeno (1,2,3-cd) pirene	21,78 mg/kg	5 mg/kg
S47	L2	7m -8m	Pirene	76,58 mg/kg	50 mg/kg
S47	L2	7m -8m	IPA totali	305,19 mg/kg	100 mg/kg
S59	L2	3m -4m	Benzo (a) antracene	21,4 mg/kg	10 mg/kg

Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 24	Di 73
---	---	------------	--------------	----------

Sondaggio	Campione	Profondità del campione da p.c.	Analita	Concentrazione rilevata	CSC
S59	L2	3m -4m	Benzo (a) pirene	20,9 mg/kg	10 mg/kg
S59	L2	3m -4m	Benzo (b) fluorantene	34 mg/kg	10 mg/kg
S59	L2	3m -4m	Benzo (g,h,i) perilene	13,1 mg/kg	10 mg/kg
S59	L2	3m -4m	Indeno (1,2,3-cd) pirene	13,5 mg/kg	5 mg/kg
S59	L2	3m -4m	IPA totali	181,3 mg/kg	100 mg/kg
PZ6	L2	3m -4m	Benzo (a) antracene	35,26 mg/kg	10 mg/kg
PZ6	L2	3m -4m	Benzo (a) pirene	22,06 mg/kg	10 mg/kg
PZ6	L2	3m -4m	Benzo (b) fluorantene	33,97 mg/kg	10 mg/kg
PZ6	L2	3m -4m	Benzo (g,h,i) perilene	13,28 mg/kg	10 mg/kg
PZ6	L2	3m -4m	Indeno (1,2,3-cd) pirene	14,97 mg/kg	5 mg/kg
PZ6	L2	3m -4m	Dibenzo (a,l) pirene	13,54 mg/kg	10 mg/kg
PZ6	L2	3m -4m	IPA totali	237,58 mg/kg	100 mg/kg
SP206	L1	0,5m -3,5m	Policlorobifenili totali	17,76 mg/kg	5 mg/kg
S12	L1	0m -1m	Idrocarburi C>12	788,8 mg/kg	750 mg/kg
S15	L2	2m -3m	Idrocarburi C>12	3974,4 mg/kg	750 mg/kg
S25	L2	3m -4m	Idrocarburi C>12	1352 mg/kg	750 mg/kg
S40bis	L1	0m -1m	Idrocarburi C>12	912,6 mg/kg	750 mg/kg
S41bis	L1	0m -1m	Idrocarburi C>12	1577,4 mg/kg	750 mg/kg
S45	L2	7m -8m	Idrocarburi C>12	773,64 mg/kg	750 mg/kg
S64	L1	0m -1m	Idrocarburi C>12	1059 mg/kg	750 mg/kg
PZ6	L2	3m -4m	Idrocarburi C>12	1229,76 mg/kg	750 mg/kg
PZ6	L2	3m -4m	Composti aromatici totali	538,75 mg/kg	100 mg/kg
PZ6	L2	3m -4m	Xileni	538,02 mg/kg	50 mg/kg
S30	L1	0,1m -1m	Vanadio	291,09 mg/kg	250 mg/kg
S33	L1	0m -1m	Vanadio	366,3 mg/kg	250 mg/kg
S35	L1	0,5m -1,5m	Vanadio	392,46 mg/kg	250 mg/kg
S42bis	L1	0m -1m	Vanadio	251,24 mg/kg	250 mg/kg
S43bis	L1	0m -1m	Vanadio	295,23 mg/kg	250 mg/kg
S45	L1	0m -1m	Vanadio	333 mg/kg	250 mg/kg
SP204bis	L1	0,3m – 1m	Vanadio	280 mg/kg	250 mg/kg
S46	L2	4,5m -5,5m	Zinco	1941,2 mg/kg	1500 mg/kg
PZ3	L2	3m -4m	Arsenico	123,17 mg/kg	50 mg/kg
PZ3	L2	3m -4m	Cadmio	19,32 mg/kg	15 mg/kg

Tabella 5.3: sintesi dei superamenti delle CSC nei terreni

Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 25	Di 73
--	--	-------------------	---------------------	-----------------

- **Acque sotterranee**

Nella seguente tabella sono riportati i superamenti delle CSC per le acque. Anche in questo caso i dati sono ordinati per tipologia di analita e sondaggio; per ogni superamento è stato indicato il piezometro, il nome del campione nonché il relativo limite di legge.

Piezometro	Campione	Profondità della fenestratura da p.c.	Analita	Concentrazione rilevata	CSC
PZ2	LA1	5m -8m	Benzo (a) pirene	0,014 µg/l	0,01 µg/l
PZ3	LA1	2m -5m	Benzo (a) pirene	0,024 µg/l	0,01 µg/l
PZ3	LA1	2m -5m	Benzo (g,h,i) perilene	0,019 µg/l	0,01 µg/l
PZ5bis	LA1	6m -12m	Benzo (a) antracene	0,73 µg/l	0,1 µg/l
PZ5bis	LA1	6m -12m	Benzo (a) pirene	0,15 µg/l	0,01 µg/l
PZ5bis	LA1	6m -12m	Benzo (b) fluorantene	0,27 µg/l	0,1 µg/l
PZ5bis	LA1	6m -12m	Benzo (g,h,i) perilene	0,065 µg/l	0,01 µg/l
PZ5bis	LA1	6m -12m	Benzo (k) fluorantene	0,09 µg/l	0,05 µg/l
PZ5bis	LA1	6m -12m	Indeno (1,2,3-cd) pirene	0,17 µg/l	0,1 µg/l
PZ5bis	LA1	6m -12m	IPA totali	0,6 µg/l	0,1 µg/l
PZ6	LA1	3,6m -12,6m	Benzo (a) antracene	0,91 µg/l	0,1 µg/l
PZ6	LA1	3,6m -12,6m	Benzo (a) pirene	0,44 µg/l	0,01 µg/l
PZ6	LA1	3,6m -12,6m	Benzo (b) fluorantene	0,81 µg/l	0,1 µg/l
PZ6	LA1	3,6m -12,6m	Benzo (g,h,i) perilene	0,24 µg/l	0,01 µg/l
PZ6	LA1	3,6m -12,6m	Benzo (k) fluorantene	0,17 µg/l	0,05 µg/l
PZ6	LA1	3,6m -12,6m	Dibenzo (a,h) antracene	0,07 µg/l	0,01 µg/l
PZ6	LA1	3,6m -12,6m	Indeno (1,2,3-cd) pirene	0,33 µg/l	0,1 µg/l
PZ6	LA1	3,6m -12,6m	IPA totali	1,55 µg/l	0,1 µg/l
PZ2	LA1	5m -8m	Boro	1200 µg/l	1000 µg/l
PZ3	LA1	2m -5m	Boro	1200 µg/l	1000 µg/l
PZ4	LA1	2,9m -5,9m	Boro	1200 µg/l	1000 µg/l
PZ5bis	LA1	6m -12m	Boro	1660 µg/l	1000 µg/l
PZ3	LA1	2m -5m	Fluoruri	1600 µg/l	1500 µg/l
PZ4	LA1	2,9m -5,9m	Fluoruri	1700 µg/l	1500 µg/l
PZ3	LA1	2m -5m	Nitriti	590 µg/l	500 µg/l
PZ6	LA1	3,6m -12,6m	Nitriti	1120 µg/l	500 µg/l
PZ2	LA1	5m -8m	Solfati	440 mg/l	250 mg/l
PZ3	LA1	2m -5m	Solfati	500 mg/l	250 mg/l
PZ4	LA1	2,9m -5,9m	Solfati	1600 mg/l	250 mg/l
PZ7	LA1	5m -11m	Solfati	360 mg/l	250 mg/l
PZ3	LA1	2m -5m	Arsenico	14,6 µg/l	10 µg/l
PZ5bis	LA1	6m -12m	Arsenico	18 µg/l	10 µg/l
PZ7	LA1	5m -11m	Arsenico	12,3 µg/l	10 µg/l

Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 26	Di 73
---	---	------------	--------------	----------

Piezometro	Campione	Profondità della fenestratura da p.c.	Analita	Concentrazione rilevata	CSC
PZ3	LA1	2m -5m	Benzene	1,15 µg/l	1 µg/l
PZ6	LA1	3,6m -12,6m	Benzene	1,55 µg/l	1 µg/l
PZ6	LA1	3,6m -12,6m	Policlorobifenili totali	0,26 µg/l	0,01 µg/l

Tabella 5.4: sintesi dei superamenti delle CSC nelle acque sotterranee

- **Presenza di Amianto**

L'indagine analitica (diffrazione a raggi X) effettuata sui campioni di top soil per determinare la presenza di amianto ha dato sempre esito negativo.

5.4 Ipotesi di modello concettuale

Alla luce degli esiti delle analisi effettuate, nel terreno sono stati individuati dei superamenti delle CSC per siti ad uso commerciale e industriale per IPA, idrocarburi pesanti e metalli; localmente è stata inoltre riscontrata la presenza di xileni e PCB nel suolo.

Nelle acque di falda sono state individuate concentrazioni non conformi ai limiti di legge per IPA, parametri inorganici e, in misura minore, metalli. Localmente sono stati inoltre individuati benzene e PCB.

A commento dei risultati ottenuti, è anzitutto opportuno suddividere il sito in due zone, Nord e Sud, in virtù della grande distanza che le separa e della mancanza di dati relativi al tratto intermedio antistante la raffineria AGIP. Le due zone sono caratterizzate da una diversa distribuzione della contaminazione.

La zona Nord, infatti, è caratterizzata da una contaminazione più diffusa, seppure di modesta entità, che si distingue sia per la tipologia di matrice coinvolta sia per il tipo di inquinamento presente. La contaminazione da metalli è diffusa nel tratto più meridionale ed interessa esclusivamente il top soil (con la sola eccezione dello zinco riscontrato a cavallo tra saturo ed insaturo). Anche gli idrocarburi pesanti sono presenti esclusivamente nel top soil e sono localizzati in tre sondaggi, due dei quali posizionati nella parte più meridionale ed uno alla sommità settentrionale del tratto Nord. Gli IPA non interessano il top soil ma l'insaturo (3÷4 m da p.c.) nella parte più settentrionale ed il saturo (7÷8 m da p.c.) nella parte centrale del tracciato di progetto.

Nel tratto Sud della strada dei moli la contaminazione assume più l'aspetto di hot spot. Dei 27 sondaggi realizzati, infatti, soltanto tre sono risultati non conformi ai limiti di legge. Di questi, uno è interessato dalla presenza di IPA nel top soil, in un secondo sono stati individuati idrocarburi pesanti nell'insaturo mentre nel terzo è stata riscontrata la presenza di arsenico e cadmio nel saturo (3÷4 m da p.c.)



Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 27	Di 73
--	--	------------	--------------	----------

La suddivisione tra Nord e Sud è tanto più vera per quanto riguarda la acque sotterranee. Infatti, mentre nel tratto Nord la contaminazione riscontrata nelle acque è compatibile con la qualità dei terreni, nel tratto Sud non è possibile individuare una corrispondenza tra suolo ed acque sotterranee.

Si osserva la presenza localizzata di arsenico, seppure in concentrazioni modeste meno importante rispetto a quanto riscontrato sulla piattaforma stessa.

Non si può infine trascurare, così come già indicato per la Piattaforma Logistica, il fenomeno di intrusione del cuneo salino che incide sulla qualità della falda soprattutto per quanto riguarda le concentrazioni di solfati e boro.

La contaminazione riscontrata non sembra giustificabile con l'unica attività svolta sul sito, e cioè il trasporto stradale, anche in considerazione del fatto che il nuovo tracciato si sovrappone solo parzialmente a quello vecchio.

La contaminazione da IPA potrebbe essere ragionevolmente associata alla natura stratigrafica del sito, e specificatamente alla presenza di materiali di riporto, soprattutto alla luce delle quote cui la contaminazione è stata riscontrata (nell'insaturo a 3÷4 m da p.c. e nel saturo a 7÷8). Non si può però trascurare la presenza di insediamenti industriali operativi a monte del sito, la cui attività (raffinazione del greggio) è compatibile con la contaminazione riscontrata.

Anche le ricadute di particolato atmosferico emesso dalle industrie pesanti presenti a monte del sito possono aver inciso sulla qualità dei terreni, soprattutto per quanto riguarda la presenza di metalli nel top soil.

È infine importante sottolineare che, in conseguenza della configurazione dell'area indagata che si sviluppa prevalentemente lungo una striscia, non sia possibile stabilire un vero confronto tra monte e valle della contaminazione, e verificare quindi un eventuale arricchimento della contaminazione all'interno del sito.

Alla luce di queste osservazioni, è stato adottato un modello concettuale che vede come sorgente il suolo (sia superficiale che profondo) e la falda. Esso prevede come via di esposizione ai contaminanti presenti nei terreni il contatto dermico e l'ingestione per via diretta e, per via indiretta, l'inalazione e l'ingestione a seguito della percolazione e della diluizione in falda. Come bersaglio sono stati considerati i lavoratori presenti nell'area..

Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 28	Di 73
---	---	------------	--------------	----------

6 ANALISI ASSOLUTA DI RISCHIO

6.1 Premessa

I risultati delle analisi chimiche effettuate in fase di caratterizzazione del sito sono stati confrontati con le concentrazioni soglia di contaminazione riportate in Allegato 5 al titolo V, Parte IV del D. Lgs. 152/06.

Nella tabella seguente sono riassunte le concentrazioni non conformi alle CSC individuate nei terreni nel corso delle indagini eseguite.

Sondaggi o	Campione	Quota [m da p.c.]	Parametro	C [mg/kg]	CSC [mg/kg]
S12	L1	0.0÷0.1	Benzo(a)antracene	30.41	10
			Benzo(a)pirene	27	10
			Benzo(b)fluorantene	47.01	10
			Benzo(g,h,i)perilene	16.52	10
			Benzo(k)fluorantene	12.36	10
			Indeno (1,2,3-cd)pirene	15.12	5
			Idrocarburi C>12	788.8	750
			IPA totali	245.45	100
			Pirene	51.56	50
S15	L2	2.0÷3.0	Idrocarburi C>12	3974.4	750
PZ3	L2	3.0÷4.0	Arsenico	123.17	50
			Cadmio	19.32	15
S25	L2 (*)	3.0÷4.0	Idrocarburi C>12	1352	750
S30	L1	0.1÷1.0	Vanadio	291.09	250
S33	L1	0.0÷1.0	Vanadio	366.3	250
S35	L1	0.5÷1.5	Vanadio	392.46	250
S40bis	L1	0.0÷1.0	Idrocarburi C>12	912.6	750
S41bis	L1	0.0÷1.0	Idrocarburi C>12	1577.4	750
S42bis	L1	0.0÷1.0	Vanadio	251.24	250
	L2 (*)	7.0÷8.0	Benzo(a)antracene	12.4	10
			Benzo(a)pirene	10.89	10
			Benzo(b)fluorantene	15.12	10
			Indeno (1,2,3-cd)pirene	6.12	5
S43bis	L1	0.0÷1.0	Vanadio	295.23	250
SS204bis	L1	0.3÷1.0	Vanadio	280	250
S45	L1	0.0÷1.0	Vanadio	333	250
	L2 (*)	7.0÷8.0	Benzo(a)antracene	14.41	10
			Benzo(a)pirene	12.49	10
			Benzo(b)fluorantene	17.29	10
			Idrocarburi C>12	773.64	750
			Indeno(1,2,3-cd)pirene	6.82	5

Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 29	Di 73
---	---	------------	--------------	----------

Sondaggi o	Campione	Quota [m da p.c.]	Parametro	C [mg/kg]	CSC [mg/kg]
			IPA totali	106.37	100
S46	L2 (*) L3 (*)	4.5÷5.5 7.0÷8.0	Zinco Benzo(a)antracene Benzo(a)pirene Benzo(b)fluorantene Indeno(1,2,3-cd)pirene	1941.2 11.86 10.8 13.27 6.98	1500 10 10 10 5
S47	L2 (*)	7.0÷8.0	Benzo(a)antracene Benzo(a)pirene Benzo(b)fluorantene Benzo(g,h,i)perilene Benzo(k)fluorantene Indeno(1,2,3-cd)pirene IPA totali Pirene	40.45 33.03 43.2 19.18 10.47 21.78 305.19 76.58	10 10 10 10 10 5 100 50
SP206	L1	0.5÷3.5	PCB totali	17.76	5
PZ6	L2	3.0÷4.0	Benzo(b)fluorantene Benzo(a)antracene Benzo(a)pirene Benzo(g,h,i)perilene Indeno(1,2,3-cd)pirene Dibenzo(a,l)pirene Ipa totali Idrocarburi C>12 Composti Aromatici Totali Xileni	33.97 35.26 22.06 13.28 14.97 13.54 237.58 1229.76 538.75 538.02	10 10 10 10 5 10 100 750 100 50
S59	L2	3.0÷4.0	Benzo(a)antracene Benzo(a)pirene Benzo(b)fluorantene Benzo(g,h,i)perilene Indeno(1,2,3-cd)pirene IPA totali	21.4 20.9 34 13.1 13.5 181.3	10 10 10 10 5 100
S64	L1	0.0÷1.0	Idrocarburi C>12	1059	750

(*) : campione di terreno prelevato in falda.

Tabella 6.1: Superamenti delle CSC individuati nei campioni di terreno prelevati

I superamenti delle CSC relativi alle acque sotterranee sono invece riassunti nella tabella seguente.

Piezometro	Fenestratura	Parametro	C [$\mu\text{g/l}$]	CSC [$\mu\text{g/l}$]
PZ2	5÷8 m da p.c.	Benzo(a)pirene	0.014	0.01
		Boro	1200	1000
		Solfati	440000	250000

Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 30	Di 73
---	---	------------	--------------	----------

Piezometro	Fenestratura	Parametro	C [$\mu\text{g/l}$]	CSC [$\mu\text{g/l}$]
PZ3	2÷5 m da p.c.	Arsenico	14.6	10
		Benzo(a)pirene	0.024	0.01
		Benzo(g,h,i)perilene	0.019	0.01
		Benzene	1.15	1
		Boro	1200	1000
		Fluoruri	1600	1500
		Nitriti	590	500
		Solfati	500	250
PZ4	2.9÷5.9 m da p.c.	Boro	1200	1000
		Fluoruri	1700	1500
		Solfati	1600000	250000
PZ5bis	6÷12 m da p.c.	Arsenico	18	10
		Benzo(a)antracene	0.73	0.1
		Benzo(a)pirene	0.15	0.01
		Benzo(b)fluorantene	0.27	0.1
		Benzo(g,h,i)perilene	0.065	0.01
		Benzo(k)fluorantene	0.09	0.05
		Boro	1660	1000
		Indeno(1,2,3-cd)pirene	0.17	0.1
		IPA totali	0.6	0.1
PZ6	3.6÷12.7 m da p.c.	Benzo(a)antracene	0.91	0.1
		Benzo(a)pirene	0.44	0.01
		Benzo(b)fluorantene	0.810	0.1
		Benzo(k)fluorantene	0.17	0.05
		Benzo(g,h,i)perilene	0.24	0.01
		Indeno(1,2,3-cd)pirene	0.33	0.1
		Dibenzo(a,h)antracene	0.07	0.01
		IPA totali	1.55	0.1
		Nitriti	1120	500
		Benzene	1.55	1
		PCB	0.26	0.01
PZ7	5÷11 m da p.c.	Arsenico	12.3	10
		Solfati	360000	250000

Tabella 6.2: Superamenti delle CSC individuati nei campioni di acqua prelevati

Poiché si sono verificati dei superamenti, il sito è potenzialmente contaminato e ad esso è stata applicata una procedura di analisi di rischio sanitario in modalità diretta al fine di valutare gli effetti sulla salute umana derivanti dall'esposizione prolungata agli effetti delle sostanze presenti nelle matrici ambientali contaminate. Alla luce dei risultati di tale analisi, è infatti possibile stabilire se il sito è contaminato e prevedere quindi i necessari interventi di bonifica o messa in sicurezza permanente.



Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 31	Di 73
--	--	------------	--------------	----------

In particolare, è stato valutato il rischio sanitario connesso all'esposizione diretta o indiretta al terreno insaturo contaminato e all'acqua di falda; ai fini dell'analisi di rischio sono stati pertanto trascurati i superamenti individuati nei campioni prelevati in falda, che nella Tabella 6.1 sono indicati con un asterisco (cfr. documento [6]).

Il presente studio si occupa quindi della valutazione del rischio connesso allo stato di contaminazione dello spessore insaturo dei terreni, attraverso le seguenti vie di esposizione:

- inalazione outdoor;
- contatto dermico con suolo superficiale;
- ingestione di suolo superficiale;
- lisciviazione in falda

La valutazione del rischio connesso allo stato di contaminazione della falda tiene invece conto delle vie di esposizione seguenti:

- inalazione outdoor;
- ingestione.

In entrambi i casi non è stata considerata l'inalazione indoor in quanto la configurazione del sito non è tale da attivare questa via di esposizione. I sondaggi sono stati infatti realizzati lungo il tracciato di progetto della strada che sarà realizzata a servizio dei moli, dove non è pertanto prevista la costruzione di edifici.

Non è oggetto del presente studio la valutazione del rischio generato da hot-spots di contaminazione, per i quali saranno realizzati degli interventi di messa in sicurezza di emergenza. In particolare in corrispondenza del sondaggio SP206 è stata riscontrata una concentrazione di PCB pari a 17.76 mg/kg. Si tratta dell'unico superamento individuato lungo tutto il tracciato di progetto della strada dei moli: in tutti i campioni prelevati, infatti, la concentrazione di PCB è risultata sempre inferiore alla CSC riferita a suoli con destinazione d'uso commerciale e industriale. Si tratta pertanto di un hot spot che, come tale, sarà oggetto di un intervento di messa in sicurezza di emergenza; pertanto non se ne è tenuto conto ai fini dell'analisi di rischio.

Si precisa che le contaminazioni riscontrate in corrispondenza dei sondaggi S64, S59 e PZ6 non sono state considerate hot spots, seppure localizzate ed estremamente circoscritte, per la tipologia di analiti riscontrati.

Infatti, nel campione L1 di terreno superficiale prelevato nel sondaggio S64 la concentrazione di idrocarburi C>12 supera la CSC per aree ad uso commerciale e industriale. I campioni di terreno superficiali prelevati nelle vicinanze del sondaggio sono risultati tutti conformi ai sensi della normativa vigente; il campione più prossimo in cui la concentrazione di idrocarburi pesanti misurata è superiore alle CSC è stato prelevato nel sondaggio S41bis, posto ad oltre un chilometro di distanza. Ciò nonostante, S64 non è stato interpretato come un hot spot a causa della presenza di idrocarburi C>12 in altri sondaggi realizzati in sito, indice della presenza non accidentale di tale parametro.

Il medesimo discorso vale anche per i sondaggi S59 e PZ6; in entrambi questi sondaggi la tipologia di contaminazione è riconducibile prevalentemente alla presenza di IPA che sono stati individuati anche in altri

Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 32	Di 73
--	--	------------	--------------	----------

sondaggi. Pertanto anche in questi casi non si può parlare di hot spot e per essi è stato valutato il rischio sanitario per l'uomo.

Lo studio è articolato e condotto in accordo con quanto previsto nella revisione 1 del manuale “Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati”, pubblicato dall'APAT nel luglio 2006 (Documento [6]).

L'analisi di rischio è stata sviluppata facendo riferimento alle vie di esposizione attive per la configurazione attuale del sito. Una volta ultimata la procedura di bonifica, l'area sarà pavimentata per la realizzazione della strada dei moli a servizio della piastra portuale di Taranto, e questo determinerà l'interruzione di alcune vie di esposizione.

La configurazione attuale rappresenta perciò il caso peggiore ed è stata pertanto adottata cautelativamente per l'implementazione delle analisi di rischio.

In considerazione della vocazione esclusivamente industriale e commerciale dell'area, il rischio è stato valutato adottando come bersagli esclusivamente degli operatori, escludendo quindi la presenza di bambini o adulti residenti in sito o presenti in aree ad uso ricreativo.

Per il calcolo del rischio connesso agli scenari considerati è stato utilizzato il software RISC 4.0.

6.2 Modello concettuale

Il modello concettuale del sito è stato elaborato alla luce dei risultati delle indagini e delle analisi di caratterizzazione descritte nei capitoli 4 e 5. La sua definizione implica l'individuazione delle sorgenti di contaminazione, delle vie di migrazione e dei bersagli oggetto della contaminazione stessa.

6.2.1 Sorgenti di contaminazione

La contaminazione dei terreni non interessa l'intera area indagata ma alcune porzioni facilmente delimitabili, che si differenziano tra loro principalmente per la tipologia di inquinante presente. Per questo motivo, conformemente a quanto indicato nelle Linee Guida, è stata valutata l'opportunità di individuare aree più ristrette, maggiormente omogenee al loro interno.

Le Linee Guida (cfr. par. 3.1.1.b) prevedono infatti la possibilità di suddividere in subaree un sito di grandi dimensioni qualora sussista almeno una delle condizioni seguenti:

- evidente disomogeneità delle caratteristiche geologiche ed idrogeologiche all'interno dell'area perimetrata;
- netta differenziazione di tipologia ed origine della contaminazione;
- evidenti differenze nell'utilizzo dell'area perimetrata, nelle modalità di esposizione e/o nella tipologia dei ricettori esposti.

Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 33	Di 73
--	--	------------	--------------	----------

Per quanto attiene al sito in esame, occorre anzitutto distinguere il tratto nord, posto a fianco dell'area ex Belleli parallelo alla Strada Statale n. 106 Ionica, dal tratto Sud, posto a sud della piattaforma logistica e a nord del Quarto Sporgente.

All'interno delle due aree così suddivise, non è possibile individuare delle differenze nell'utilizzo dell'area né tanto meno delle disomogeneità delle caratteristiche geologiche ed idrogeologiche. È invece possibile ipotizzare una suddivisione dell'area indagata in base alla distribuzione della contaminazione, ed in particolare:

- tratto Nord Ovest: il tratto più settentrionale del tracciato di progetto della Strada dei Moli è caratterizzato dalla presenza di 4 hot spots di contaminazione, individuati in corrispondenza dei sondaggi S64, S59, PZ6 ed SP206. In S64 e SP206 la contaminazione interessa esclusivamente il terreno superficiale (0÷1 m da p.c.) ed è causata dalla presenza rispettivamente di idrocarburi pesanti e PCB in concentrazioni superiori alle CSC per aree ad uso commerciale e industriale. Nei due restanti sondaggi è stata invece riscontrata la presenza di IPA (benzo(a)antracene, benzo(a)pirene, benzo(b)fluorantene, benzo(g,h,i)terilene, indeno (1,2,3-cd)pirene) a quota 3÷4 m da p.c.. In PZ6 è stata inoltre riscontrata la presenza di idrocarburi pesanti e xileni. La posizione di tali sondaggi (distanti tra loro da 150 a 300 metri) e la presenza di numerosi punti di campionamento conformi ai limiti di legge fanno sì che in questa porzione di area non sia possibile individuare un'unica sorgente di contaminazione.
- Tratto Nord Est: la contaminazione interessa esclusivamente lo strato di terreno più superficiale. Esso può essere ulteriormente suddiviso in tre sottoaree in funzione della tipologia di inquinamento individuata, ed in particolare:
 - sottoarea Nord, caratterizzata dalla presenza di vanadio in concentrazioni non conformi alle CSC;
 - sottoarea centrale, dove è stata riscontrata la presenza di idrocarburi pesanti in concentrazioni non conformi alle CSC;
 - sottoarea meridionale, caratterizzata, come la sottotratta nord, dalla presenza di vanadio in concentrazioni non conformi alle CSC.

Anche in questo caso non è possibile individuare un'unica sorgente per via della distribuzione della contaminazione e per la presenza di numerosi sondaggi in cui gli analiti in questione non sono stati riscontrati.

- Tratto Sud: il campione di top soil prelevato in corrispondenza del sondaggio S12 presenta concentrazioni di IPA e pirene non conformi alle CSC per aree ad uso commerciale e industriale, mentre in un campione profondo prelevato nel sondaggio S15 a quota 2.0÷3.0 m da p.c. è stata riscontrata la presenza di idrocarburi pesanti.

Per quanto riguarda la falda, come già premesso, non è sempre possibile trovare una rispondenza tra i contaminanti individuati nel suolo e nelle acque sotterranee. È il caso, per esempio, dell'arsenico, che nel tratto Nord è stato individuato in due piezometri, mentre le concentrazioni misurate nel terreno sono risultate tutte conformi alla CSC per suoli ad uso commerciale e industriale.

Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 34	Di 73
--	--	------------	--------------	----------

Alla luce di queste considerazioni, sono ipotizzate 7 aree sorgenti di contaminazione per il terreno, ciascuna identificata con un numero progressivo (S1÷S7), schematizzate nella Tavola D1 ODR A104.

Anche per le acque sotterranee le aree sorgenti sono state suddivise per tenere conto della diversa distribuzione della contaminazione e delle differenze in termini di gradiente e direzione di flusso. Sono state così individuate 2 sorgenti, anch'esse schematizzate in Tavola D1 ODR A104, denominate A1, rappresentativa della falda nel tratto Sud della Strada dei Moli dove la direzione di flusso è NW-SE, e A2, corrispondente al tratto Nord, avente direzione di flusso E-W.

La sorgente di contaminazione rappresenta il volume di suolo o sottosuolo interessato dalla presenza di contaminanti in concentrazione superiore alle concentrazioni soglia di contaminazione formulate nel D. LGS. 152/06 in funzione della destinazione d'uso del sito. Ai fini dell'applicazione della procedura di analisi di rischio, tale volume viene schematizzato come un parallelepipedo.

La geometria di ciascuna sorgente è stata individuata, in accordo con quanto indicato nelle Linee Guida, facendo riferimento alla maglia di sondaggi effettuati in fase di caratterizzazione, e considerando le maglie di sondaggi più esterne contenenti almeno un punto di campionamento con concentrazione di almeno un contaminante superiore ai valori di riferimento indicati dalla normativa vigente.

La geometria delle aree sorgenti individuate è stata pertanto individuata facendo riferimento ai parametri seguenti:

Simbolo	Parametro
W	Estensione della sorgente in direzione parallela alla direzione del flusso di falda
Sw	Estensione della sorgente in direzione perpendicolare alla direzione del flusso di falda
W'	Estensione della sorgente in direzione parallela alla direzione prevalente del vento
SW'	Estensione della sorgente in direzione perpendicolare alla direzione prevalente del vento
LS	Profondità del top della sorgente rispetto al p.c.
Lf	Profondità del fondo della sorgente rispetto al p.c.
dS	Spessore della sorgente nel suolo profondo (insaturo)
d	Spessore della sorgente nel suolo superficiale (insaturo)
LF	Soggiacenza della falda rispetto al top della sorgente
A	Area della sorgente rispetto alla direzione del flusso di falda
A'	Area della sorgente rispetto alla direzione prevalente del vento

Tabella 6.3: parametri necessari per la definizione della geometria delle sorgenti

6.2.1.1 Geometria delle sorgenti di contaminazione

In tavola D1 ODR A104 sono rappresentate le aree sorgenti nel seguito descritte.

Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 35	Di 73
--	--	------------	--------------	----------

Area S1

L'area S1, posizionata nel tratto Sud della Strada a sud della Piattaforma Logistica, è stata individuata tenendo conto dei superamenti individuati nei sondaggi S12 ed S15. Malgrado la contaminazione sia differente in termini di analiti riscontrati (IPA, idrocarburi pesanti e BTEX in S12, idrocarburi pesanti in S15) e di profondità interessate (0.0÷1.0 m da p.c. in S12, 2.0÷3.0 m da p.c. in S15), si è ritenuto opportuno per maggiore cautela delimitare un'unica area sorgente in considerazione del fatto che non sono stati individuati altri superamenti in nessuno dei campioni di terreno prelevati nell'insaturo.

L'area sorgente individuata ha forma irregolare, come schematizzato nella Tavola D1 ODR A104, ed al suo interno sono presenti i sondaggi S16, S15, S14, S13, PZ2, S12 ed S11. Si precisa che le dimensioni originali dell'area sono 24mx63m (rispettivamente parallelamente e perpendicolarmente al flusso di falda), ma poiché le Linee Guida prescrivono che la dimensione areale minima deve essere di almeno 2500m² (50mx50m), la dimensione minima è stata approssimata a 50 m.

La geometria della sorgente così definita è riassunta nella tabella seguente.

Parametro	Valore
Estensione della sorgente in direzione parallela alla direzione del flusso di falda	50 m
Estensione della sorgente in direzione perpendicolare alla direzione del flusso di falda	63.5 m
Estensione della sorgente in direzione parallela alla direzione prevalente del vento	23.4 m
Estensione della sorgente in direzione perpendicolare alla direzione prevalente del vento	83.5 m
Profondità del top della sorgente rispetto al p.c. – terreno superficiale	0.0 m
Profondità del fondo della sorgente rispetto al p.c. – terreno superficiali	1.0 m
Profondità del top della sorgente rispetto al p.c. – terreno profondo	2.0 m
Profondità del fondo della sorgente rispetto al p.c. – terreno profondo	3.0 m
Soggiacenza della falda rispetto al top della sorgente – terreno superficiale	3.8 m
Soggiacenza della falda rispetto al top della sorgente – terreno profondo	1.8 m

Tabella 6.4: Geometria della sorgente di contaminazione S1

Occorre precisare che top e bottom della sorgente presente nello strato di terreno superficiale sono stati presi pari alla quota minima e massima cui è stata riscontrata la presenza di contaminazione nel sondaggio S12. Allo stesso modo, per la sorgente individuata nel terreno profondo si è fatto riferimento al sondaggio S15.

Per quanto riguarda la soggiacenza della falda, è stata adottata la misura effettuata nel piezometro PZ2 (3.83 m da p.c.).

Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 36	Di 73
---	---	------------	--------------	----------

Area S2

L'area S2, posizionata ad ovest dell'impianto di depurazione esistente, è caratterizzata dalla presenza di vanadio nello strato di terreno superficiale. Essa ha pianta rettangolare, con i lati coincidenti con la maglia più esterna in cui siano stati individuati dei sondaggi non contaminati, ed è schematizzata in Tavola D1 ODR A104.

I sondaggi presenti nella sorgente così individuata sono S29, S30, S31, S32, S33, S34, S35 e S36bis; i superamenti della CSC sono stati individuati nei campioni di top soil prelevati nei sondaggi S35 (392.46 mg/kg), S33 (366.6 mg/kg) e S30 (291.09 mg/kg). Le concentrazioni misurate nei campioni di terreno profondo sono risultate tutte conformi ai limiti di legge.

La geometria dell'area sorgente così definita è riassunta nella tabella seguente.

Parametro	Valore
Estensione della sorgente in direzione parallela alla direzione del flusso di falda	72 m
Estensione della sorgente in direzione perpendicolare alla direzione del flusso di falda	328 m
Estensione della sorgente in direzione parallela alla direzione prevalente del vento	329 m
Estensione della sorgente in direzione perpendicolare alla direzione prevalente del vento	72.5 m
Profondità del top della sorgente rispetto al p.c.	0 m
Profondità del fondo della sorgente rispetto al p.c.	1.0 m
Soggiacenza della falda rispetto al top della sorgente	4.3 m

Tabella 6.5: Geometria della sorgente di contaminazione S2

Top e bottom della sorgente sono stati individuati in accordo con le Linee Guida (cfr. Par. 3.1.2), e quindi, scegliendo, tra tutti i campioni contaminati, rispettivamente la profondità minima e massima rispetto al piano campagna, alla quale è stata riscontrata una concentrazione superiore alla CSC. Per quanto riguarda invece la falda, in mancanza di una misurazione piezometrica specifica, la soggiacenza della falda è stata ottenuta interpolando le misurazioni effettuate nei piezometri PZ4 e PZ6 ed adottando cautelativamente il valore minimo.

Area S3

L'area S3 è stata individuata comprendendo tutti i sondaggi nei quali è stata riscontrata la presenza di idrocarburi pesanti nello strato di terreno insaturo. Essa ha pianta rettangolare, con i lati coincidenti con la maglia più esterna in cui siano stati individuati dei sondaggi non contaminati, ed è schematizzata in Tavola D1 ODR A104.

I sondaggi presenti nella sorgente così individuata sono S39, S40bis, S41bis e S42bis, e tra questi, la contaminazione da idrocarburi è stata individuata nei campioni di top soil prelevati in corrispondenza dei sondaggi S40bis (912.6 mg/kg) S41bis (1577.4 mg/kg).

La geometria della sorgente così definita è riassunta nella tabella seguente.

Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 37	Di 73
---	---	------------	--------------	----------

Parametro	Valore
Estensione della sorgente in direzione parallela alla direzione del flusso di falda	25 m
Estensione della sorgente in direzione perpendicolare alla direzione del flusso di falda	153 m
Estensione della sorgente in direzione parallela alla direzione prevalente del vento	51 m
Estensione della sorgente in direzione perpendicolare alla direzione prevalente del vento	33 m
Profondità del top della sorgente rispetto al p.c.	0 m
Profondità del fondo della sorgente rispetto al p.c.	1 m
Soggiacenza della falda rispetto al top della sorgente	4.8 m

Tabella 6.6: Geometria della sorgente di contaminazione S3

Per quanto riguarda la definizione di top e bottom della sorgente e della soggiacenza della falda, valgono le medesime osservazioni formulate per l'area sorgente S2.

Area S4

L'area S4 è caratterizzata dalla presenza di vanadio nello strato di terreno superficiale e di zinco nello strato di terreno profondo. Essa ha pianta rettangolare, con i lati coincidenti con la maglia più esterna in cui siano stati individuati dei sondaggi non contaminati, ed è schematizzata in Tavola D1 ODR A104.

I sondaggi presenti nella sorgente così individuata sono S42bis, PZ5bis, S43bis, S44bis, S45, S46 e S47; i superamenti della CSC per il vanadio sono stati individuati nei campioni di top soil prelevati nei sondaggi S42bis, S43bis, SS204bis, S44bis, S45. Una concentrazione di zinco superiore alla CSC è stata individuata esclusivamente nel campione di terreno prelevato a quota 4.5÷5.5 nel sondaggio S46; l'area sorgente è stata cautelativamente assunta pari a quella relativa alla contaminazione del terreno superficiale al fine di evitare un'eccessiva suddivisione delle aree sorgente.

La geometria dell'area sorgente così definita è riassunta nella tabella seguente.

Parametro	Valore
Estensione della sorgente in direzione parallela alla direzione del flusso di falda	22 m
Estensione della sorgente in direzione perpendicolare alla direzione del flusso di falda	370 m
Estensione della sorgente in direzione parallela alla direzione prevalente del vento	369 m
Estensione della sorgente in direzione perpendicolare alla direzione prevalente del vento	22.7 m
Profondità del top della sorgente rispetto al p.c. – terreno superficiale	0 m
Profondità del fondo della sorgente rispetto al p.c. – terreno superficiale	1.0 m

Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 38	Di 73
--	--	------------	--------------	----------

Soggiacenza della falda rispetto al top della sorgente – terreno superficiale	5.7 m
Profondità del top della sorgente rispetto al p.c. – terreno profondo	4.5 m
Profondità del fondo della sorgente rispetto al p.c. – terreno profondo	5.5 m
Soggiacenza della falda rispetto al top della sorgente – terreno profondo	1.2 m

Tabella 6.7: Geometria della sorgente di contaminazione S4

Per quanto riguarda la definizione di top e bottom della sorgente e della soggiacenza della falda, valgono le medesime osservazioni formulate per le aree sorgenti precedenti.

Area S5

L'area S5 è stata individuata attorno al piezometro PZ6 dove è stata riscontrata la presenza di IPA, xileni ed idrocarburi pesanti nel campione prelevato a 3.0÷4.0 m da p.c., nello strato di terreno insaturo profondo. Essa ha pianta rettangolare, con i lati coincidenti con la maglia più esterna in cui siano stati individuati dei sondaggi non contaminati, ed è schematizzata in Tavola D1 ODR A104. I sondaggi presenti nella sorgente così individuata sono S60, PZ6 e SP207.

Come già anticipato, la posizione del piezometro PZ6 e la vicinanza con numerosi sondaggi conformi ai limiti di legge è tale da far ritenere che si tratti di un hot spot. Ciò nonostante, si è ritenuto opportuno implementare un'analisi di rischio anche per questa zona in considerazione del fatto che gli IPA sono stati individuati in altri sondaggi all'interno dell'intera area indagata.

La geometria della sorgente così definita è riassunta nella tabella seguente.

Parametro	Valore
Estensione della sorgente in direzione parallela alla direzione del flusso di falda	56.5 m
Estensione della sorgente in direzione perpendicolare alla direzione del flusso di falda	64.5 m
Estensione della sorgente in direzione parallela alla direzione prevalente del vento	64.3 m
Estensione della sorgente in direzione perpendicolare alla direzione prevalente del vento	57.4 m
Profondità del top della sorgente rispetto al p.c.	3.0 m
Profondità del fondo della sorgente rispetto al p.c.	4.0 m
Soggiacenza della falda rispetto al top della sorgente	2.15 m

Tabella 6.8: Geometria della sorgente di contaminazione S3

Per quanto riguarda la definizione di top e bottom della sorgente, valgono le medesime osservazioni formulate per le precedenti aree sorgente. Per la soggiacenza della falda, è stato invece adottato il valore misurato all'interno del piezometro PZ6 stesso.

Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 39	Di 73
--	--	-------------------	---------------------	-----------------

Area S6

L'area S6 è stata individuata attorno al sondaggio S59 dove è stata riscontrata la presenza di IPA nel campione prelevato a 3.0÷4.0 m da p.c., nello strato di terreno insaturo profondo. Essa ha pianta rettangolare, con i lati coincidenti con la maglia più esterna in cui siano stati individuati dei sondaggi non contaminati, ed è schematizzata in Tavola D1 ODR A104. I sondaggi presenti nella sorgente così individuata sono S59, SP213 e S58.

Anche in questo caso, pur trattandosi di un hot spot, è stata implementata un'analisi di rischio in considerazione della presenza diffusa di IPA all'interno dell'intera area indagata.

La geometria della sorgente così definita è riassunta nella tabella seguente.

Parametro	Valore
Estensione della sorgente in direzione parallela alla direzione del flusso di falda	85 m
Estensione della sorgente in direzione perpendicolare alla direzione del flusso di falda	105 m
Estensione della sorgente in direzione parallela alla direzione prevalente del vento	104 m
Estensione della sorgente in direzione perpendicolare alla direzione prevalente del vento	80 m
Profondità del top della sorgente rispetto al p.c.	3.0 m
Profondità del fondo della sorgente rispetto al p.c.	4.0 m
Soggiacenza della falda rispetto al top della sorgente	1.5 m

Tabella 6.9: Geometria della sorgente di contaminazione S6

Area S7

L'area S7 è stata individuata attorno al sondaggio S64 dove è stata riscontrata la presenza di idrocarburi nel campione di top soil. Essa ha pianta trapezia, con i lati coincidenti con la maglia più esterna in cui siano stati individuati dei sondaggi non contaminati, ed è schematizzata in Tavola D1 ODR A104. I sondaggi presenti nella sorgente così individuata sono S64, S65 e S66.

Anche in questo caso, pur trattandosi di un hot spot, è stata implementata un'analisi di rischio in considerazione della presenza di idrocarburi anche in altri sondaggi realizzati all'interno dell'intera area indagata.

La geometria della sorgente così definita è riassunta nella tabella seguente.

Parametro	Valore
Estensione della sorgente in direzione parallela alla direzione del flusso di falda	84 m

Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 40	Di 73
--	--	------------	--------------	----------

Estensione della sorgente in direzione perpendicolare alla direzione del flusso di falda	52.8 m
Estensione della sorgente in direzione parallela alla direzione prevalente del vento	53.2 m
Estensione della sorgente in direzione perpendicolare alla direzione prevalente del vento	83 m
Profondità del top della sorgente rispetto al p.c.	0.0 m
Profondità del fondo della sorgente rispetto al p.c.	1.0 m
Soggiacenza della falda rispetto al top della sorgente	1.9 m

Tabella 6.10: Geometria della sorgente di contaminazione S6

Area A1

Il volume di acquifero interessato dalla presenza di contaminanti in concentrazione superiore ai valori di riferimento indicati dalla normativa vigente è stato definito sulla base delle risultanze analitiche relative alle acque sotterranee campionate nei piezometri realizzati in sito. In particolare, la sorgente è stata individuata pari alla massima estensione del plume di contaminazione in falda determinato a partire dai piezometri PZ2 e PZ3 nei quali è stata riscontrato il superamento delle CSC per almeno un parametro.

Come punto di conformità, in assenza di un pozzo ad uso idropotabile, è stato individuato il piezometro PZ2 stesso. Nella tabella seguente sono riassunte le caratteristiche della sorgente così individuata.

Parametro	Valore
Estensione della sorgente in direzione parallela alla direzione del flusso di falda	345 m
Estensione della sorgente in direzione perpendicolare alla direzione del flusso di falda	352 m
Estensione della sorgente in direzione parallela alla direzione prevalente del vento	336 m
Estensione della sorgente in direzione perpendicolare alla direzione prevalente del vento	319 m

Tabella 6.11: Geometria della sorgente di contaminazione A1

Area A2

L'area A2 è stata identificata individuando, nel tratto Nord della Strada dei Moli, la presenza di contaminanti in concentrazione superiore ai valori di riferimento indicati dalla normativa vigente nei piezometri realizzati in sito. In particolare, la sorgente è stata individuata pari alla massima estensione del plume di contaminazione in falda determinato a partire dai piezometri PZ7 e PZ5bis nei quali è stata riscontrato il superamento delle CSC per almeno un parametro.

Come punto di conformità, in assenza di un pozzo ad uso idropotabile, è stato individuato il piezometro PZ5bis stesso.

Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 41	Di 73
---	---	------------	--------------	----------

Nella tabella seguente sono riassunte le caratteristiche della sorgente così individuata.

Parametro	Valore
Estensione della sorgente in direzione parallela alla direzione del flusso di falda	10 m
Estensione della sorgente in direzione perpendicolare alla direzione del flusso di falda	1130 m
Estensione della sorgente in direzione parallela alla direzione prevalente del vento	15 m
Estensione della sorgente in direzione perpendicolare alla direzione prevalente del vento	1133 m

Tabella 6.12: Geometria della sorgente di contaminazione A1

6.2.1.2 Selezione dei contaminanti indicatori

L'analisi di rischio è stata condotta prendendo in considerazione per ciascuna sorgente secondaria di contaminazione i composti che almeno in un punto superano le concentrazioni soglia di contaminazione riportate nell'allegato 5 al titolo V del decreto legislativo 152/06 "Norme in materia ambientale" per le matrici suolo e acque sotterranee.

Nel caso di esposizione per inalazione, sono stati presi in considerazione come contaminanti indice soltanto i composti volatili.

Le Linee Guida prevedono che, nel caso il numero di traccianti riscontrati sia elevato, sia possibile ridurre il numero di specie chimiche da inserire nella procedura di analisi selezionando quelli più importanti cui è associato un rischio maggiore per l'uomo.

Nel caso in esame, il numero di contaminanti presenti non è tale da richiedere una semplificazione, e di conseguenza l'analisi è stata sviluppata prendendo in considerazione tutti i contaminanti individuati in fase di caratterizzazione.

In merito agli idrocarburi, occorre precisare che, non essendo disponibili indicazioni analitiche relative alla tipologia degli stessi, in particolare in merito alla suddivisione tra aromatici ed alifatici, la valutazione del rischio è stata pertanto effettuata suddividendo la concentrazione rilevata in parti uguali tra le due tipologie di idrocarburi. È possibile verificare che, a parità di concentrazione nel terreno:

- qualora gli idrocarburi realmente presenti appartengano interamente alla classe a cui corrisponde un rischio inferiore, il rischio calcolato sovrastima quello effettivamente presente;
- qualora gli idrocarburi presenti appartengano interamente alla classe a cui corrisponde un rischio maggiore, il rischio calcolato ha lo stesso ordine di grandezza di quello effettivamente presente.

I composti che rispondono ai criteri sopra definiti per la matrice suolo sono riportati nella tabella seguente, distinti per subaree ed in base alla sorgente secondaria considerata.



Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 42	Di 73
---	---	------------	--------------	----------

Area Sorgente	Tipo di esposizione	Suolo superficiale	Suolo profondo
S1	Contatto dermico Ingestione di suolo Inalazione di vapori outdoor Inalazione di particolato Lisciviazione in falda	Benzo(a)antracene Benzo(a)pirene Benzo(b)fluorantene Benzo(g,h,i)perilene Benzo(k)fluorantene Indeno(1,2,3-cd)pirene Idrocarburi C>12 IPA totali Pirene	/
	Inalazione di vapori outdoor Lisciviazione in falda	/	Idrocarburi pesanti
S2	Contatto dermico Ingestione di suolo Inalazione di vapori outdoor Inalazione di particolato Lisciviazione in falda	Vanadio	/
S3	Contatto dermico Ingestione di suolo Inalazione di vapori outdoor Inalazione di particolato Lisciviazione in falda	Idrocarburi C>12	/
S4	Contatto dermico Ingestione di suolo Inalazione di vapori outdoor Inalazione di particolato Lisciviazione in falda	Vanadio	/
	Inalazione di vapori outdoor Lisciviazione in falda	/	Zinco
S5	Lisciviazione in falda - Inalazione di vapori outdoor	/	Benzo(a)fluorantene Benzo(a)antracene Benzo(a)pirene Benzo(g,h,i)perilene Indeno(1,2,3-cd)pirene IPA totali Idrocarburi C>12 Composti aromatici totali Xileni

Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 43	Di 73
--	--	-------------------	---------------------	-----------------

Area Sorgente	Tipo di esposizione	Suolo superficiale	Suolo profondo
S6	Lisciviazione in falda - Inalazione di vapori outdoor	/	Benzo(a)antracene Benzo(a)pirene Benzo(b)fluorantene Benzo(g,h,i)perilene Indeno(1,2,3-cd)pirene IPA totali
S7	Contatto dermico Ingestione di suolo Inalazione di vapori outdoor Inalazione di particolato Lisciviazione in falda	Idrocarburi C>12	/

Tabella 6.13:Contaminanti indice relativi alle sorgenti di contaminazione individuate nel suolo

I contaminanti indice relative alla falda sono invece riassunti nella tabella seguente, nella quale sono elencati anche i piezometri in cui è stato osservato il superamento.

Area Sorgente	Tipo di esposizione	Falda	Piezometri
A1	Ingestione acque Inalazione di vapori outdoor	Arsenico Benzo(a)pirene Benzo(g,h,i)perilene Benzene Boro Fluoruri Nitriti Solfati	PZ3 PZ3 PZ2 PZ3 PZ3 PZ3 PZ2 PZ3 PZ3 PZ3 PZ2
A2	Ingestione acque Inalazione di vapori outdoor	Arsenico Solfati Benzo(a)antracene Benzo(a)pirene Benzo(b)fluorantene Benzo(k)fluorantene Benzo(g,h,i)perilene Indeno(1,2,3.cd)pirene Dibenzo(a,h)antracene IPA totali Nitriti Benzene PCB Boro Fluoruri	PZ7 PZ5bis PZ7 PZ5bis PZ4 PZ6 PZ5bis PZ6 PZ5bis PZ6 PZ5bis PZ6 PZ5bis PZ6 PZ5bis PZ6 PZ5bis PZ6 PZ6 PZ5bis PZ6 PZ6 PZ6 PZ5bis PZ4 PZ4

Tabella 6.14:Contaminanti indice relativi alle sorgenti di contaminazione individuate nelle acque sotterranee

Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 44	Di 73
--	--	------------	--------------	----------

Occorre precisare che nelle analisi di rischio relative alla sorgente falda non sono stati presi in considerazione boro e solfati. La presenza di tali analiti è da legare alla natura del sito, che si trova in riva al mare e come tale risente di ingressioni saline, e possono pertanto essere considerati dei valori di fondo diffusi. Pertanto, in accordo con quanto indicato nelle Linee Guida (cfr. Capitolo 4), non è stato valutato il rischio potenziale per l'uomo.

Per il parametro solfati, inoltre, Le linee Guida non specificano la Reference Dose e non è quindi possibile stimare l'indice di pericolo.

6.2.1.3 Concentrazioni rappresentative delle sorgenti

La definizione delle concentrazioni rappresentative di ciascuna delle sorgenti secondarie considerate è stata effettuata applicando la procedura prevista dalle Linee Guida APAT, secondo le quali, per individuare le concentrazioni rappresentative alla sorgente è necessario suddividere il data-set di valori di concentrazione in funzione di ogni sorgente secondaria di contaminazione (SS suolo superficiale, SP suolo profondo e GW falda) ed esaminare l'ampiezza del data set. Se il numero di sondaggi a disposizione è superiore a 10 è possibile applicare dei criteri statistici alle concentrazioni determinate analiticamente sui campioni di terreno. In caso contrario, non essendo possibile effettuare alcuna stima statistica attendibile e in accordo con il principio di massima conservatività, deve essere adottata una concentrazione rappresentativa alla sorgente coincidente con il valore di concentrazione massimo analiticamente determinato.

Nel caso in esame, per ogni sorgente di contaminazione si verifica il caso che il numero di campioni sia inferiore a 10.

Per quanto riguarda eventuali outlier, si ritiene che i dati forniti siano rappresentativi delle effettive concentrazioni presenti in sito.

Nessun dato è stato pertanto rimosso dal database per la determinazione delle concentrazioni rappresentative delle sorgenti.

Le analisi di rischio sono state pertanto implementate adottando delle concentrazioni rappresentative delle sorgenti CSC pari ai massimi valori registrati per ciascun composto nei singoli punti di campionamento.

Nome	Sorgente secondaria	Parametro	Sondaggi	Cmisurate	C _{RS}	U.M.
S1	Suolo superficiale	Benzo(a)antracene	S12	30.41	30.41	mg/kg
		Benzo(a)pirene	S12	27	27	mg/kg
		Benzo(b)fluorantene	S12	47.01	47.01	mg/kg
		Benzo(g,h,i)perilene	S12	16.52	16.52	mg/kg
		Benzo(k)fluotantene	S12	12.36	12.36	mg/kg
		Indeno(1,2,3-cd)pirene	S12	15.12	15.12	mg/kg
		Idrocarburi C>12	S12	788.8	788.8	mg/kg

Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 45	Di 73
--	--	-------------------	---------------------	-----------------

Nome	Sorgente secondaria	Parametro	Sondaggi	Cmisurate	C _{RS}	U.M.
		IPA totali	S12	245.45	245.45	mg/kg
		Pirene	S12	51.56	51.56	mg/kg
	Suolo profondo	Idrocarburi C>12	S15	3974.4	3974.4	mg/kg
S2	Suolo superficiale	Vanadio	S30 S33 S35	291.09 366.3 392.46	392.46	mg/kg
S3	Suolo superficiale	Idrocarburi C>12	S40bis S41bis	912.6 1577.4	1577.4	mg/kg
S4	Suolo superficiale	Vanadio	S42bis S43bis SS204bis S45	251.24 295.23 280 333	333	mg/kg
	Suolo profondo	Zinco	S46	1941.2	1941.2	mg/kg
S5	Suolo profondo	Benzo(a)antracene	PZ6	35.26	35.26	mg/kg
		Benzo(a)pirene	PZ6	22.06	22.06	mg/kg
		Benzo(b)fluorantene	PZ6	33.97	33.97	mg/kg
		Benzo(g,h,i)perilene	PZ6	13.28	13.28	mg/kg
		Indeno(1,2,3-cd)pirene	PZ6	14.97	14.97	mg/kg
		Dibenzo(a,l)pirene	PZ6	13.54	13.54	mg/kg
		IPA totali	PZ6	237.58	237.58	mg/kg
		Idrocarburi C>12	PZ6	1229.76	1229.76	mg/kg
		Composti aromatici totali	PZ6	538.75	538.75	mg/kg
		Xileni	PZ6	538.02	538.02	mg/kg
S6	Suolo profondo	Benzo(a)antracene	S59	21.4	21.4	mg/kg
		Benzo(a)pirene	S59	20.9	20.9	mg/kg
		Benzo(b)fluorantene	S59	34	34	mg/kg
		Benzo(g,h,i)perilene	S59	13.1	13.1	mg/kg
		Indeno(1,2,3-cd)pirene	S59	13.5	13.5	mg/kg
		IPA totali	S59	181.3	181.3	mg/kg
S7	Suolo superficiale	Idrocarburi C>12	S64	1059	1059	mg/kg
A1	Falda	Arsenico	PZ3	14.6	14.6	µg/l
		Benzo(a)pirene	PZ3 PZ2	0.024 0.014	0.024	µg/l
		Benzo(g,h,i)perilene	PZ3	0.019	0.019	µg/l
		Benzene	PZ3	1.15	1.15	µg/l
		Nitriti	PZ3	590	590	µg/l
A2	Falda	Arsenico	PZ7 PZ5bis	12.3 18	18	µg/l
		Benzo(a)antracene	PZ6 PZ5BIS	0.91 0.73	0.91	µg/l

Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 46	Di 73
---	---	------------	--------------	----------

Nome	Sorgente secondaria	Parametro	Sondaggi	Cmisurate	C _{RS}	U.M.
		Benzene	PZ6	1.55	1.55	µg/l
		Benzo(a)pirene	PZ6 PZ5BIS	0.44 0.15	0.44	µg/l
		Benzo(b)fluorantene	PZ6 PZ5BIS	0.810 0.27	0.810	µg/l
		Benzo(g,h,i)perilene	PZ6 PZ5BIS	0.24 0.065	0.24	µg/l
		Benzo(k)fluorantene	PZ6 PZ5BIS	0.17 0.09	0.17	µg/l
		Dibenzo(a,h)antracene	PZ6	0.07	0.07	µg/l
		Indeno (1,2,3-cd)pirene	PZ6 PZ5BIS	0.33 0.17	0.33	µg/l
		Nitriti	PZ6	1120	1120	µg/l
		PCB	PZ6	0.26	0.26	µg/l
		IPA totali	PZ5BIS PZ6	0.6 1.55	1.55	µg/l

Tabella 6.15: Concentrazioni rappresentative delle sorgenti individuate

6.2.1.4 Proprietà chimico-fisiche e tossicologiche dei contaminanti

Per i composti per i quali il 152/06 fissa dei limiti di concentrazione, l'APAT fornisce un elenco delle proprietà chimico-fisiche e tossicologiche da adottare. Tali valori sono stati recepiti ai fini della presente analisi di rischio.

I parametri eventualmente assenti sono stati integrati con i database IRIS – Integrated Risk Information System e RAIS – Risk Assessment Information System, un database molto esteso realizzato per conto del U.S. Department of Energy (DOE), Office of Environmental Management.

6.2.2 *Vie di migrazione*

6.2.2.1 Definizione delle vie di migrazione per le singole aree sorgente

La presente analisi di rischio ha come obiettivo la valutazione dei rischi connessi all'esposizione diretta o indiretta alle acque sotterranee e al terreno contaminato.

Le vie di migrazione prese in considerazione sono, per le differenti sorgenti, le seguenti:

- SORGENTE DI CONTAMINAZIONE SUOLO SUPERFICIALE
 - ingestione di suolo;
 - contatto dermico;
 - inalazione di vapori outdoor;
 - inalazione di particolato;



Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 47	Di 73
---	---	------------	--------------	----------

- lisciviazione in falda.
- SORGENTE DI CONTAMINAZIONE SUOLO PROFONDO
 - inalazione di vapori outdoor;
 - lisciviazione in falda.
- SORGENTE DI CONTAMINAZIONE FALDA
 - inalazione di vapori outdoor;
 - ingestione di acqua.

Il tipo di esposizione presente in corrispondenza di ogni area sorgente individuata è funzione dello stato di copertura dei luoghi, ed in particolare, dove le aree non sono pavimentate l'esposizione è dovuta all'inalazione outdoor dei vapori generati dal suolo e dalle acque sotterranee, al contatto dermico e all'ingestione del suolo e all'ingestione di acqua in cui è lisciviato il terreno contaminato per effetto delle precipitazioni e dell'infiltrazione efficace. Dove invece le aree sono pavimentate l'esposizione avviene esclusivamente per inalazione outdoor.

I sondaggi sono stati realizzati lungo il tracciato di progetto della strada dei moli e la maggior parte di essi sono situati in aree non pavimentate. L'analisi di rischio è stata cautelativamente implementata facendo riferimento alla configurazione attuale, non tenendo conto cioè dello strato (sottofondo stradale e pavimentazione) che verrà posato per la realizzazione della strada di progetto.

Nella tabella seguente sono elencate, per ogni area sorgente individuata, le vie di esposizione prese in considerazione.

Occorre precisare che l'inalazione di vapori indoor non è mai stata presa in considerazione perché, in virtù dell'ubicazione dei sondaggi, non sono presenti edifici né verranno realizzati contestualmente alla realizzazione della strada.

Area	Sorgente secondaria	Vie di esposizione
S1	Suolo superficiale Suolo profondo	Contatto dermico Ingestione di suolo Inalazione di vapori outdoor Inalazione di particolato Lisciviazione in falda
S2	Suolo profondo	Inalazione di vapori outdoor* Lisciviazione in falda
S3	Suolo profondo	Inalazione di vapori outdoor Lisciviazione in falda
S4	Suolo superficiale Suolo profondo	Contatto dermico Ingestione di suolo Inalazione di vapori outdoor* Inalazione di particolato Lisciviazione in falda

Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 48	Di 73
---	---	------------	--------------	----------

S5	Suolo profondo	Inalazione di vapori outdoor Lisciviazione in falda
S6	Suolo profondo	Inalazione di vapori outdoor Lisciviazione in falda
S7	Suolo profondo	Inalazione di vapori outdoor Inalazione di vapori indoor Ingestione di acqua dovuta a lisciviazione in falda
S3	Suolo profondo	Inalazione di vapori outdoor Lisciviazione in falda
A1	Falda	Ingestione Inalazione di vapori outdoor
A2	Falda	Ingestione Inalazione di vapori outdoor

*: via di esposizione potenziale che non si attiva per queste sorgenti essendo presenti esclusivamente metalli non volatili

Tabella 6.16: Vie di esposizione relative ad ogni area sorgente individuata

Nei seguenti paragrafi sono definiti i fattori di trasporto, in termini di equazioni e di implementazione delle procedure di calcolo, e quindi i parametri caratteristici delle sorgenti che influiscono sulla determinazione dei fattori di trasporto.

6.2.2.2 Stima dei fattori di trasporto

Il rischio in corrispondenza di quest'area è legato alle vie di esposizione seguenti:

1. inalazione di vapori outdoor (da suolo superficiale, da suolo profondo, da falda);
2. inalazione di particolato outdoor (da suolo superficiale)
3. contatto dermico;
4. ingestione di suolo;
5. lisciviazione di suolo in falda;
6. ingestione di acqua.

1. Inalazione di vapori outdoor

La concentrazione in aria outdoor per il singolo contaminante è funzione della concentrazione rilevata nel suolo superficiale per mezzo di un fattore di volatilizzazione VF (volatilization factor), il quale dipende dalle proprietà del composto, dalle caratteristiche del mezzo attraversato e dalle condizioni atmosferiche locali.

$$C_{air} = VF \cdot C_{soil}$$

dove:

VF = fattore di volatilizzazione, espressa in kg/m^3 ;

Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 49	Di 73
---	---	------------	--------------	----------

C_{soil} = è la concentrazione del composto organico nel terreno, espressa in mg/kg.

Il fattore di volatilizzazione VF_{ss} in ambienti outdoor da suolo superficiale (kg/m³) è il minore tra i due calcolati mediante le equazioni seguenti:

$$VF = \frac{2 \times W \times \rho_b}{U_{air} \times \delta_{air}} \times \sqrt{\frac{D_s^{eff} \times H}{\pi \times \tau \times (\theta_w + K_s \times \rho_s + H \times \theta_a)}} \cdot 10^3 \frac{cm^3 \cdot kg}{m^3 \cdot g}$$

$$VF_{ss} = \frac{W \times \rho_s \times d}{U_{air} \times \delta_{air} \times \tau} \cdot 10^3$$

dove:

- W = lunghezza della sorgente parallela alla direzione prevalente del vento (cm);
- U_{air} = velocità del vento al di sopra del suolo e all'interno della zona di miscelazione (cm/s);
- δ_{air} = altezza della zona di miscelazione dell'aria (cm);
- ρ_s = bulk density del suolo (g/cm³);
- H = costante di Henry, adimensionale;
- K_s = coefficiente di partizione suolo-acqua (cm³/g);
- τ = tempo medio di durata del flusso (secondi);
- θ_w = contenuto volumetrico d'acqua nel terreno, adimensionale;
- θ_a = contenuto volumetrico d'aria nel terreno, adimensionale;
- D_s^{eff} = coefficiente di diffusione effettiva attraverso la zona vadosa (cm²/s).

Per quanto riguarda invece la volatilizzazione di vapori outdoor da suolo profondo, la formula è la seguente:

$$VF = \frac{H \cdot \rho_b}{(\theta_w + K_s \cdot \rho_s + H \cdot \theta_a) \cdot \left(1 + \frac{U_{air} \cdot \delta_{air} \cdot L_s}{D_s^{eff} \cdot W}\right)} \cdot 10^3 \frac{cm^3 \cdot kg}{m^3 \cdot g}$$

dove:

- L_s = profondità della sorgente nel sottosuolo (cm).
- W = lunghezza della sorgente parallela alla direzione prevalente del vento (cm);
- U_{air} = velocità del vento al di sopra del suolo e all'interno della zona di miscelazione (cm/s);
- δ_{air} = altezza della zona di miscelazione dell'aria (cm);
- ρ_s = bulk density del suolo (g/cm³);
- H = costante di Henry, adimensionale;
- K_s = coefficiente di partizione suolo-acqua (cm³/g);

Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 50	Di 73
---	---	------------	--------------	----------

- τ = tempo medio di durata del flusso (secondi);
 θ_w = contenuto volumetrico d'acqua nel terreno, adimensionale;
 θ_a = contenuto volumetrico d'aria nel terreno, adimensionale;
 D_s^{eff} = coefficiente di diffusione effettiva attraverso la zona vadosa (cm²/s).

La concentrazione in aria calcolata secondo le procedure e le equazioni sopra descritte non prende in considerazione la presenza di un'eventuale copertura del terreno. Attualmente l'area sorgente S1 non è coperta, mentre in futuro sarà realizzata una copertura. L'analisi è stata comunque implementata come se non vi fosse nessuna copertura presente.

La stima del fattore di volatilizzazione di vapori da falda in ambienti aperti viene effettuata con la formula seguente:

$$VF_{wamb} = \frac{H}{1 + \frac{U_{air} \times \delta_{air} \times L_{GW}}{D_{ws}^{eff} \times W'}} \times 10^3$$

dove:

- W' = lunghezza della sorgente parallela alla direzione di falda (cm);
 U_{air} = velocità del vento al di sopra del suolo e all'interno della zona di miscelazione (cm/s);
 δ_{air} = altezza della zona di miscelazione dell'aria (m);
 ρ_s = bulk density del suolo (g/cm³);
 H = costante di Henry, dimensionale;
 L_{GW} = dimensioni della sorgente nella direzione di falda (m);
 D_s^{eff} = coefficiente di diffusione effettiva attraverso la zona vadosa (cm²/s).

2. Inalazione di particolato outdoor

Per stimare l'emissione di particolato outdoor da suolo superficiale PEF Risk utilizza la formula seguente:

$$PEF = \frac{Pe \times W'}{U_{air} \times \delta_{air}} \times 10^3$$

dove:

- W' = lunghezza della sorgente parallela alla direzione prevalente del vento (cm);
 U_{air} = velocità del vento al di sopra del suolo e all'interno della zona di miscelazione (cm/s);
 δ_{air} = altezza della zona di miscelazione dell'aria (m);
 Pe = portata di particolato emessa per unità di superficie (g/(cm²xs)).

Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 51	Di 73
---	---	------------	--------------	----------

3. Contatto dermico ed ingestione di suolo

Per quanto concerne l'esposizione diretta al terreno, la concentrazione utilizzata nel calcolo del rischio è direttamente la concentrazione determinata a livello del terreno, senza che intervengano fenomeni di trasporto o propagazione.

4. Lisciviazione di suolo contaminato in falda:

Per modellare la lisciviazione del suolo contaminato in falda, in mancanza di test di cessione, la concentrazione lisciviata (leachate) è stata valutata teoricamente a partire dalla concentrazione misurata nel terreno. Ad essa è stato quindi applicato il modello di trasporto per la fase disciolta proposto da RISK.

6.2.2.3 Volatilizzazione dei contaminanti e limite di saturazione

Un importante aspetto nella valutazione delle emissioni di vapore dal terreno, sia nel caso di inalazione outdoor che di inalazione indoor, consiste nel tener conto del limite di saturazione del terreno C_{sat} , il quale rappresenta la concentrazione di contaminante nel terreno in corrispondenza della quale l'acqua e l'aria nei pori sono sature del composto inquinante e sono raggiunti i limiti d'adsorbimento sulle particelle di terreno. Per concentrazioni superiori al limite di saturazione, il contaminante si presenta in fase libera, e quindi non è applicabile la legge di Henry, né le espressioni sopra riportate per il calcolo dei fattori di volatilizzazione.

La concentrazione di saturazione C_{sat} è definita dalla seguente relazione:

$$C_{sat} = S \cdot \frac{\theta_w + k_s \cdot \rho_b + H \cdot \theta_a}{\rho_b}$$

dove:

ρ_b = bulk density del suolo (g/cm^3);

H = costante di Henry, adimensionale;

K_s = coefficiente di partizione suolo-acqua (cm^3/g);

θ_w = contenuto volumetrico d'acqua all'interno del terreno, adimensionale;

θ_a = contenuto volumetrico d'aria all'interno del terreno, adimensionale;

S = solubilità del composto inquinante in acqua (mg/l).

Definite le caratteristiche di suolo e sottosuolo, i fattori di volatilizzazione VF risultano quindi costanti per un dato composto fino alla concentrazione C_{sat} , e sono calcolabili mediante le espressioni sopra riportate. Per $C > C_{sat}$, invece, la concentrazione nell'ambiente outdoor è costante e corrisponde alla concentrazione di equilibrio corrispondente alla presenza di fase libera a livello della sorgente.

$$C_{soil} < C_{sat} \quad C_{air} = VF * C_{soil}$$

Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 52	Di 73
---	---	------------	--------------	----------

$$C_{soil} \geq C_{sat} \quad C_{air} = VF * C_{sat} = cost$$

La variazione della concentrazione in aria è pertanto lineare in funzione della concentrazione nel suolo fino ad un valore massimo in corrispondenza della concentrazione di saturazione, oltre il quale si mantiene costante.

Volendo esprimere il fattore di volatilizzazione in funzione della concentrazione nel suolo, si verifica che VF è costante fino al raggiungimento della concentrazione di saturazione, dopodiché decresce con l'inverso della concentrazione (essendo costante la concentrazione in aria C_{air}):

$$VF = \frac{C_{air}}{C_{soil}}$$

Il software RISC 4.0 tiene automaticamente in conto tale aspetto, confrontando la concentrazione in fase disciolta corrispondente alla concentrazione nel suolo determinata per via analitica con la solubilità del composto in acqua. Qualora il valore calcolato sia maggiore della solubilità, ne consegue che nella matrice del terreno è presente fase libera, ossia la concentrazione nel suolo è maggiore della concentrazione di saturazione sopra definita. Il valore utilizzato per il calcolo del rischio è quindi il seguente:

$$\begin{aligned} C_{soil} < C_{sat} &\rightarrow C_{air} = VF * C_{soil} \\ C_{soil} \geq C_{sat} &\rightarrow C_{air} = VF * C_{sat} \end{aligned}$$

6.2.2.4 Direzione e velocità del vento

Poiché l'inalazione outdoor costituisce una delle vie di esposizione, per definire la geometria delle aree sorgente è necessario identificare la direzione e la velocità del vento. Sulla base di quanto indicato nelle Linee Guida, ai fini del calcolo del rischio sono utilizzati i valori medi annui di tali grandezze calcolati elaborando i dati della centralina meteorologica più prossima al sito in esame e rappresentativa dello stesso.

Nel caso specifico, in mancanza di dati sito specifici, sono state utilizzate le registrazioni medie mensili effettuate presso la centralina di Marina di Ginosa; in accordo a tali dati, il vento ha direzione SSE nel 50% dei casi, S e NNW equamente ripartite nei restanti casi.

La velocità media mensile misurata è di 8.5 nodi, pari a 4.37 m/s. I valori di velocità forniti dalle centraline meteorologiche si riferiscono alla quota di 10 m da p.c.. Al fine di riportare la velocità del vento ad un'altezza pari a 2 m dal p.c. utile per gli scopi dell'analisi di rischio, in corrispondenza della zona di miscelazione, si utilizza la relazione empirica seguente:

$$U_{air}(z_1) = (z_1 / z_2)^p * U_{air}(z_2)$$

dove

z_i = altezza i-esima

$U_{air}(z_1)$ = velocità del vento all'altezza i-esima

p = coefficiente funzione della classe di stabilità atmosferica (nel caso oggetto di studio, classe D, P=0.25)

Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 53	Di 73
--	--	------------	--------------	----------

La velocità del vento utilizzata per la valutazione del rischio è pertanto pari a 2.924 m/s.

6.2.2.5 Sintesi dei parametri caratteristici delle aree sorgenti utilizzati per l'implementazione dell'analisi di rischio

Nella tabella seguente sono riassunti i parametri caratteristici delle aree sorgente utilizzati per il calcolo del rischio. In accordo con quanto previsto dalle Linee Guida, sono stati utilizzati dati sito-specifici ove presenti, mentre, in assenza di informazioni dirette, sono stati utilizzati i valori di default indicati nelle Linee Guida nella Tabella 3.2-7.

Simbolo	Parametro	UdM	Valore	Note
Parametri del terreno (zona insatura)				
	Granulometria	-	Sand	
ρ_s	Densità del suolo	g/cm ³	1.7	Default
ϑ_T	Porosità totale del terreno in zona insatura	-	0.43	Default
ϑ_e	Porosità effettiva del terreno in zona insatura	-	0.385	Default
ϑ_w	Contenuto volumetrico di acqua nella zona insatura	-	0.068	Default
ϑ_T	Contenuto volumetrico di aria nella zona insatura	-	0.317	Default
f_{oc}	Frazione di carbonio organico nella zona satura	-	0.002	Default.
Parametri degli ambienti aperti				
δ_{air}	Altezza della zona di miscelazione in aria	m	2	Default
τ	Tempo medio di durata del flusso del vapore	y	25	Default
P_e	Portata di particolato per unità di superficie	g/(cm ² /s)	6.90E-14	Default
η_{out}	Frazione areale delle fratture della pavimentazione	-	0.01	Default
v	Velocità del vento	m/s	2.924	

Tabella 6.17: Sintesi dei parametri caratteristici delle aree sorgente

Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 54	Di 73
---	---	------------	--------------	----------

6.2.3 Fattori di esposizione

6.2.3.1 Vie di esposizione e bersagli

La destinazione d'uso del sito è interamente di tipo industriale ed i bersagli considerati sono i lavoratori operanti sul sito.

6.2.3.2 Esposizione e fattori di esposizione

L'esposizione alla contaminazione può essere espressa dalla generica relazione:

$$E = C_{POE} \times EM$$

$$C_{POE} = C_s \times FT$$

dove:

E = esposizione (mg/kgxd);

C_{POE} = concentrazione al punto di esposizione, calcolata in funzione della via di esposizione secondo le relazioni riportate nei paragrafi precedenti (unità di misura in funzione della via di esposizione);

EM = dose giornaliera o portata di esposizione (unità di misura in funzione della via di esposizione);

FT = eventuale fattore di trasporto, FT coincide con VF nel caso dell'esposizione per inalazione, è pari a 1 nel caso di esposizione diretta (ingestione e contatto dermico).

La dose giornaliera EM è a sua volta espressa dalle seguenti relazioni in funzione della via di esposizione:

Contatto dermico con il suolo

$$EM = \left[\frac{mg}{kg \cdot d} \right] = \frac{SA \times AF \times ABS \times EF \times ED}{BW \times AT}$$

Ingestione di suolo

$$EM = \left[\frac{mg}{kg \cdot d} \right] = \frac{IR \times FI \times EF \times ED}{BW \times AT}$$

Inalazione di vapori e polveri outdoor

$$EM = \left[\frac{m^3}{kg \cdot d} \right] = \frac{Bo \times EFg \times EF \times ED}{BW \times AT}$$

Ingestione di acqua

$$EM = \left[\frac{L}{kg \cdot d} \right] = \frac{IRw \times EF \times ED}{BW \times AT}$$

Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 55	Di 73
--	--	------------	--------------	----------

Nella tabella seguente sono riportati i valori di default indicati nelle Linee Guida (cfr. tabella 3.4-3) degli indici utilizzati per il calcolo della portata effettiva di esposizione, riferiti ad uno scenario di tipo industriale/commerciale con un bersaglio adulto.

Simbolo	Fattore di esposizione	U.d.M.	Valore
BW	Peso corporeo	kg	70
ATc	Tempo medio di esposizione per le sostanze cancerogene	y	70
ATn	Tempo medio di esposizione per le sostanze non cancerogene	y	25
ED	Durata di esposizione	y	25
EF	Frequenze di esposizione	d/y	250
EFg	Frequenza giornaliera di esposizione	h/d	8
Bo	Inalazione outdoor	m ³ /h	1.5
FI	Frazione di suolo ingerita	-	1
IR	Tasso di ingestione di suolo	mg/d	50
SA	Superficie di pelle esposta	cm ²	3300
AF	Fattore di aderenza dermica del suolo	mg/cm ²	1
ABS	Fattore di assorbimento dermico	-	0.1/0.01

Tabella 6.18: sintesi degli indici utilizzati

Per l'inalazione outdoor è stato adottato un tasso di inalazione pari a 1.5 m³/ora. Le Linee Guida consigliano infatti di utilizzare un valore pari a 2.5 m³/ora in caso di dura attività fisica, 1.5 m³/ora per attività moderata e 0.9 m³/ora per attività sedentaria. Essendo le sorgenti posizionate in corrispondenza di una strada, dove non vi sarà attività fisica ma esclusivamente passaggio, è stato ritenuto sufficientemente cautelativo adottare un tasso di inalazione intermedio, pari a 1.5 m³/ora.

6.3 Calcolo del rischio

6.3.1 Impostazione del calcolo del rischio

Il rischio per la salute umana si differenzia tra individuale e cumulativo. Il primo rappresenta il rischio dovuto ad un singolo contaminante per una o più vie di esposizione, mentre il rischio cumulativo rappresenta il rischio dovuto alla cumulazione degli effetti di più sostanze per una o più vie di esposizione.

Il calcolo del rischio si differenzia poi a seconda degli effetti che la sostanza in oggetto può avere. In particolare, in caso di effetti cancerogeni, il rischio per la salute umana derivante dall'esposizione ad uno o più contaminanti è descritto dalla relazione:

$$R = E \times SF$$

dove:



Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 56	Di 73
---	---	------------	--------------	----------

R = rischio, rappresenta la probabilità di casi incrementali di tumore nel corso della vita, causata dall'esposizione alla sostanza rispetto alle condizioni di vita usuali;

E = assunzione giornaliera del contaminante (mg/kg*d) mediata su un periodo di 70 anni;

SF = slope factor, indica la probabilità di casi incrementali di tumore nella vita per unità di dose (mg/kgxd)¹.

In caso di effetti tossici non cancerogeni, la formula da utilizzare è la seguente:

$$HQ = \frac{E}{RfD}$$

dove:

HQ = indice di pericolo che indica di quanto l'esposizione alla sostanza supera la dose tollerabile o di riferimento;

E = assunzione giornaliera del contaminante (mg/kgxd) mediata su un periodo di 70 anni;

RfD = rappresenta l'esposizione media giornaliera che non produce effetti avversi apprezzabili sull'organismo umano nel corso della sua vita.

Il rischio cumulato viene valutato sommando il rischio (in caso di effetti cancerogeni) o l'indice di pericolo (per effetti tossici) causati dall'esposizione contemporanea a tutte le sostanze inquinanti presenti per tutte le possibili modalità di esposizione. Il criterio di cumolazione utilizzato è quello proposto dalle Linee Guida, e quindi:

- per il suolo superficiale il rischio viene stimato scegliendo il valore più conservativo tra i rischi derivanti dalle modalità di esposizione che hanno luogo in ambienti confinati (indoor), in ambienti aperti (outdoor) e dalla lisciviazione del terreno stesso.
- Per il suolo profondo il rischio viene stimato scegliendo il valore più conservativo tra i rischi derivanti dalle modalità di esposizione che hanno luogo in ambienti confinati (indoor), in ambienti aperti (outdoor) e dalla lisciviazione del terreno.
- Per la falda il rischio viene stimato scegliendo il valore più conservativo tra i rischi derivanti dalle modalità di esposizione che hanno luogo in ambienti confinati (indoor) in ambienti aperti (outdoor) e per ingestione.

Nei paragrafi seguenti viene valutato il rischio per ciascuna delle aree sorgenti individuate.

6.3.2 Area sorgente S1

Nelle tabelle seguenti vengono illustrati i risultati dell'analisi implementate per il calcolo del rischio e dell'indice di pericolo per l'area sorgente S1 per ogni singolo contaminante analizzato.

Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 57	Di 73
--	--	------------	--------------	----------

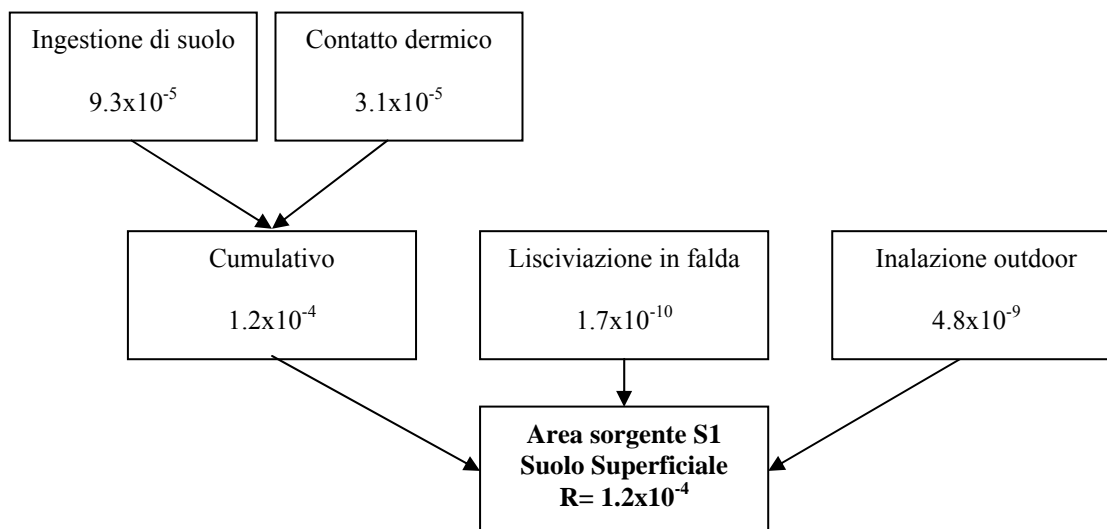
SUOLO SUPERFICIALE

RISCHIO R	Ingestione Suolo	Contatto dermico	Ingestione lisciviazione	Inalazione outdoor
Benzo(a)antracene	7.8×10^{-6}	2.6×10^{-6}	8.3×10^{-11}	1.2×10^{-9}
Benzo(a)pirene	6.9×10^{-5}	2.3×10^{-5}	7.9×10^{-11}	7.4×10^{-10}
Benzo(b)fluorantene	1.2×10^{-5}	4.0×10^{-6}	8.2×10^{-12}	2.9×10^{-9}
Benzo(k)fluorantene	3.2×10^{-7}	1.0×10^{-7}	2.1×10^{-13}	6.1×10^{-13}
Indeno (1,2,3-cd)pirene	3.9×10^{-6}	1.7×10^{-6}	2.0×10^{-13}	5.1×10^{-13}
TOTALE	9.3×10^{-5}	3.1×10^{-5}	1.7×10^{-10}	4.8×10^{-9}

Tabella 6.19: valutazione del rischio riferito al suolo superficiale nell'area sorgente S1

Indice di pericolo cumulativo:

Ingestione di suolo:	9.3×10^{-5}
Contatto dermico:	3.1×10^{-5}
Lisciviazione in falda	1.7×10^{-10}
Inalazione outdoor	4.8×10^{-9}



INDICE DI PERICOLO	Ingestione Suolo	Contatto dermico	Ingestione lisciviazione	Inalazione outdoor
Benzo(a)antracene	0.0	0.0	0.0	2.0×10^{-8}

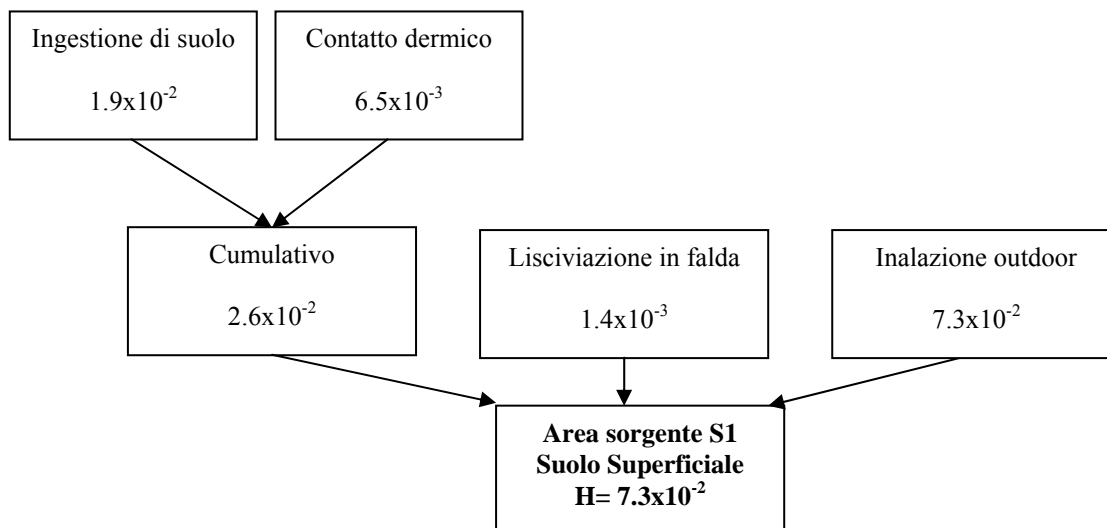
Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 58	Di 73
--	--	------------	--------------	----------

INDICE DI PERICOLO	Ingestione Suolo	Contatto dermico	Ingestione lisciviazione	Inalazione outdoor
Benzo(a)pirene	0.0	0.0	0.0	9.0×10^{-11}
Benzo(b)fluorantene	0.0	0.0	0.0	4.7×10^{-8}
Benzo(g,h,i)perilene	5.4×10^{-4}	1.8×10^{-4}	2.6×10^{-10}	6.1×10^{-9}
Benzo(k)fluorantene	0.0	0.0	0.0	1.9×10^{-9}
Indeno (1,2,3-cd)pirene	4.9×10^{-4}	2.1×10^{-4}	3.9×10^{-11}	7.6×10^{-13}
Pirene	1.7×10^{-3}	5.5×10^{-4}	7.1×10^{-7}	4.7×10^{-6}
TPH alifatici	3.9×10^{-3}	1.3×10^{-3}	1.2×10^{-8}	7.3×10^{-2}
TPH aromatici	1.3×10^{-2}	4.2×10^{-3}	1.4×10^{-3}	0.0
TOTALE	1.9×10^{-2}	6.5×10^{-3}	1.4×10^{-3}	7.3×10^{-2}

Tabella 6.20: valutazione dell'indice di pericolo riferito al suolo superficiale nell'area sorgente S1

Indice di pericolo cumulativo:

Ingestione di suolo:	1.9×10^{-2}
Contatto dermico:	6.5×10^{-3}
Lisciviazione in falda	1.4×10^{-3}
Inalazione outdoor	7.3×10^{-2}

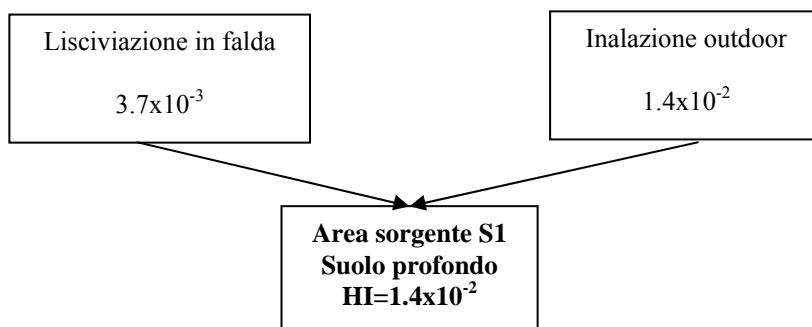


SUOLO PROFONDO

INDICE DI PERICOLO	Ingestione lisciviazione	Inalazione outdoor
TPH alifatici	3.8×10^{-8}	1.4×10^{-2}
TPH aromatici	3.7×10^{-3}	0.0
TOTALE	3.7×10^{-3}	1.4×10^{-2}

Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 59	Di 73
---	---	------------	--------------	----------

Tabella 6.21: valutazione dell'indice di pericolo riferito al suolo profondo nell'area sorgente S1



Il rischio è stato confrontato con il valore tollerabile per le sostanze cancerogene (10^{-5}), mentre l'indice di pericolo ottenuto è stato confrontato con il valore tollerabile per le sostanze tossico nocive, pari a 1. Dall'analisi effettuata, emerge che esiste un rischio residuo non accettabile legato alla presenza di IPA nello strato di terreno superficiale.

Sono invece accettabili gli indici di pericolo relativi al suolo superficiale ed al suolo profondo.

In Allegato 5 è riportato il listato completo fornito dal programma RISC 4.0 che riassume i dati utilizzati per l'implementazione dell'analisi ed i risultati ottenuti.

6.3.3 Area sorgente S2

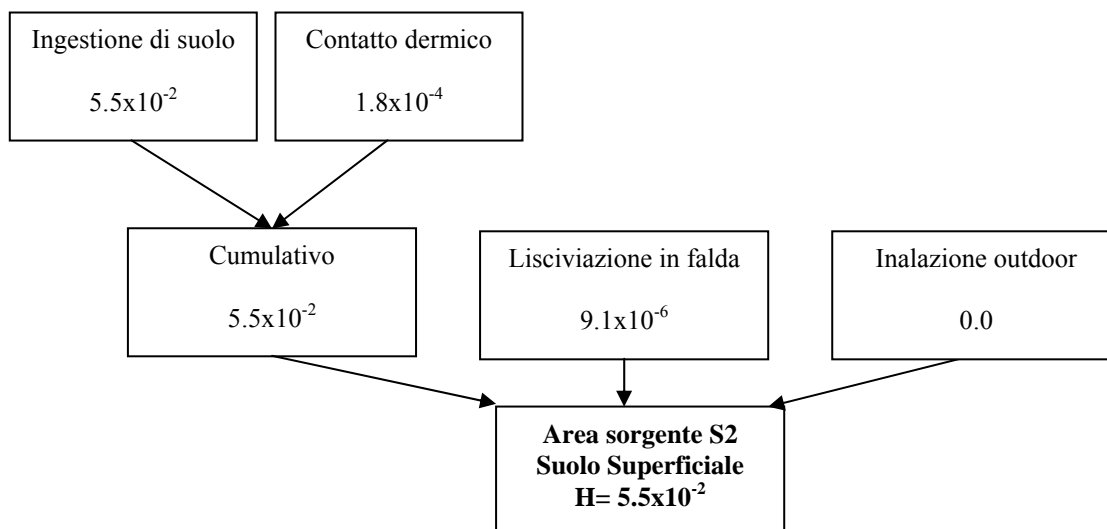
Nelle tabelle seguenti vengono illustrati i risultati dell'analisi di rischio implementata per il calcolo dell'indice di pericolo per l'area sorgente S2.

SUOLO SUPERFICIALE

INDICE DI PERICOLO	Ingestione Suolo	Contatto dermico	Ingestione lisciviazione	Inalazione outdoor
Vanadio	5.5×10^{-2}	1.8×10^{-4}	9.1×10^{-6}	0.0
TOTALE	5.5×10^{-2}	1.8×10^{-4}	9.1×10^{-6}	0.0

Tabella 6.22: valutazione del rischio riferito al suolo superficiale nell'area sorgente S2

Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 60	Di 73
--	--	------------	--------------	----------



I valori ottenuti sono stati confrontati con il valore di rischio tollerabile per le sostanze tossico nocive, pari a 1. Dall'analisi effettuata, emerge che l'indice di pericolo calcolato per l'uomo è accettabile per ogni via di esposizione analizzata.

In Allegato 6 è riportato il listato completo fornito dal programma RISC 4.0 che riassume i dati utilizzati per l'implementazione dell'analisi ed i risultati ottenuti.

6.3.4 Area sorgente S3

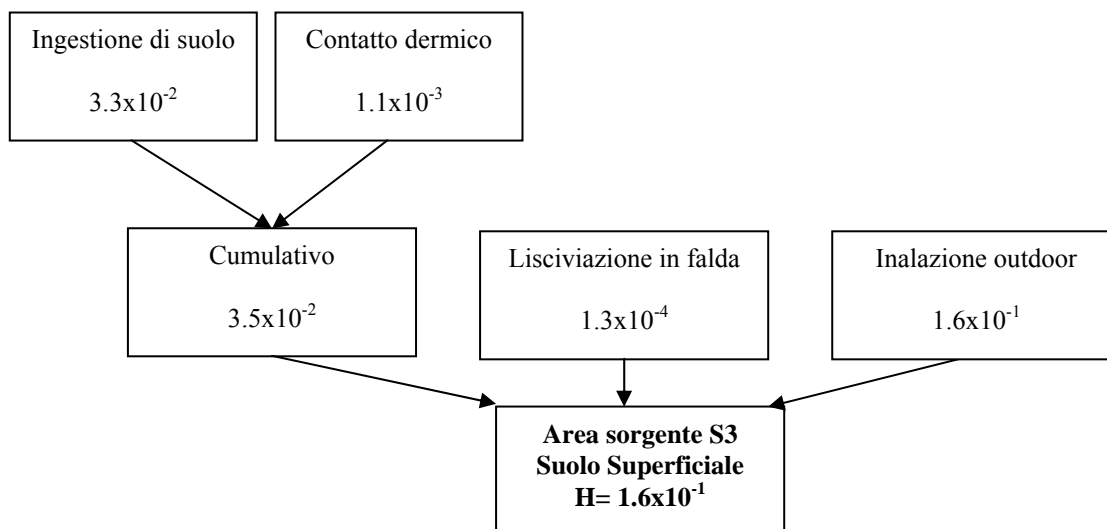
Nelle tabelle seguenti vengono illustrati i risultati dell'analisi implementate per il calcolo dell'indice di pericolo per l'area sorgente S3.

SUOLO SUPERFICIALE

INDICE DI PERICOLO	Ingestione Suolo	Contatto dermico	Ingestione lisciviazione	Inalazione outdoor
Idrocarburi C>12 alifatici	7.7×10^{-3}	2.5×10^{-4}	1.7×10^{-5}	1.6×10^{-1}
Idrocarburi C>12 aromatici	2.6×10^{-2}	8.5×10^{-4}	1.2×10^{-4}	0.0
TOTALE	3.3×10^{-2}	1.1×10^{-3}	1.3×10^{-4}	1.6×10^{-1}

Tabella 6.23: valutazione dell'indice di pericolo riferito al suolo superficiale nell'area sorgente S3

Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 61	Di 73
---	---	------------	--------------	----------



Il valore ottenuto è stato confrontato con il valore di rischio tollerabile per le sostanze tossico nocive, pari a 1. Dall'analisi effettuata, emerge che l'indice di pericolo calcolato per l'uomo è accettabile per ogni via di esposizione analizzata.

In Allegato 7 è riportato il listato completo fornito dal programma RISC 4.0 che riassume i dati utilizzati per l'implementazione dell'analisi ed i risultati ottenuti.

6.3.5 Area sorgente S4

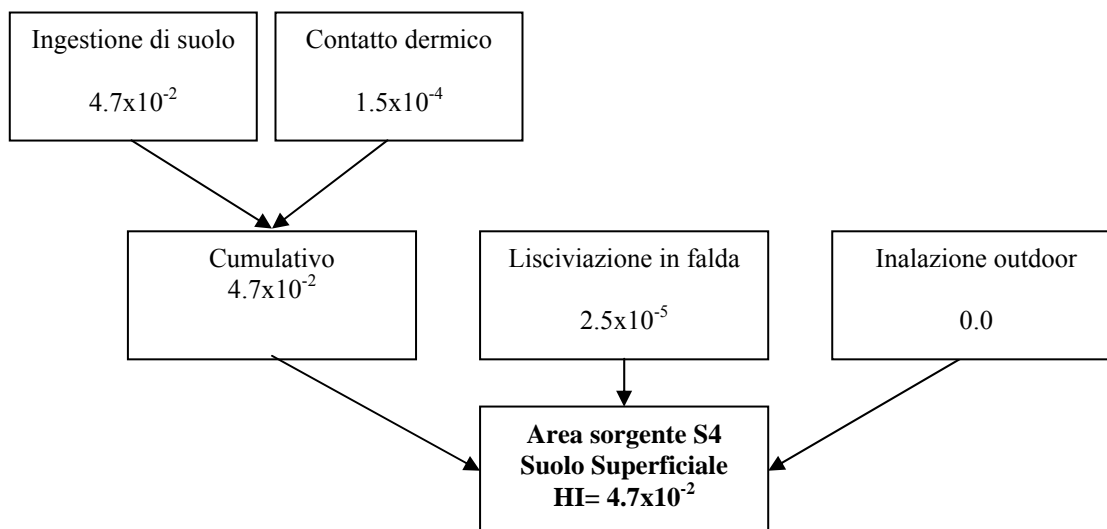
Nelle tabelle seguenti vengono illustrati i risultati dell'analisi implementate per il calcolo dell'indice di pericolo per l'area sorgente S4.

SUOLO SUPERFICIALE

INDICE DI PERICOLO	Ingestione Suolo	Contatto dermico	Ingestione lisciviazione	Inalazione outdoor
Vanadio	4.7×10^{-2}	1.5×10^{-4}	2.5×10^{-5}	0.0
TOTALE	4.7×10^{-2}	1.5×10^{-4}	2.5×10^{-5}	0.0

Tabella 6.24: valutazione dell'indice di pericolo riferito al suolo superficiale nell'area sorgente S4

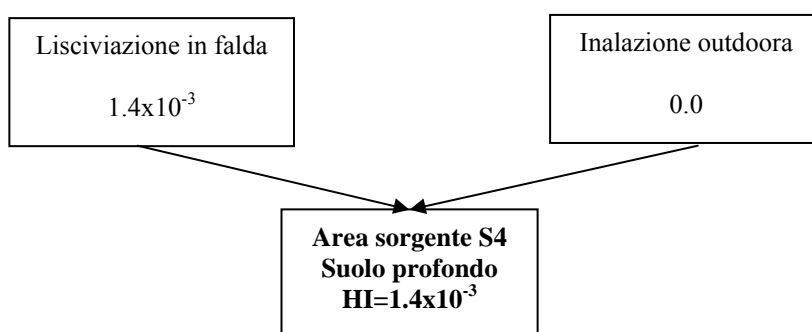
Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 62	Di 73
--	--	------------	--------------	----------



SUOLO PROFONDO

INDICE DI PERICOLO	Ingestione lisciviazione	Inalazione outdoor
Zinco	1.4×10^{-3}	0.0
TOTALE	1.4×10^{-3}	0.0

Tabella 6.25: valutazione dell'indice di pericolo riferito al suolo profondo nell'area sorgente S4



Gli indici di pericolo ottenuti sono stati confrontati con il valore tollerabile per le sostanze tossico nocive, pari a 1, e sono risultati entrambi accettabili.

In Allegato 8 è riportato il listato completo fornito dal programma RISC 4.0 che riassume i dati utilizzati per l'implementazione dell'analisi ed i risultati ottenuti.

Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 63	Di 73
--	--	------------	--------------	----------

6.3.6 Area sorgente S5

Nelle tabelle seguenti vengono illustrati i risultati dell'analisi implementate per il calcolo del rischio per le sostanze cancerogene e dell'indice di pericolo per le sostanze tossico nocive relativamente all'area sorgente S5.

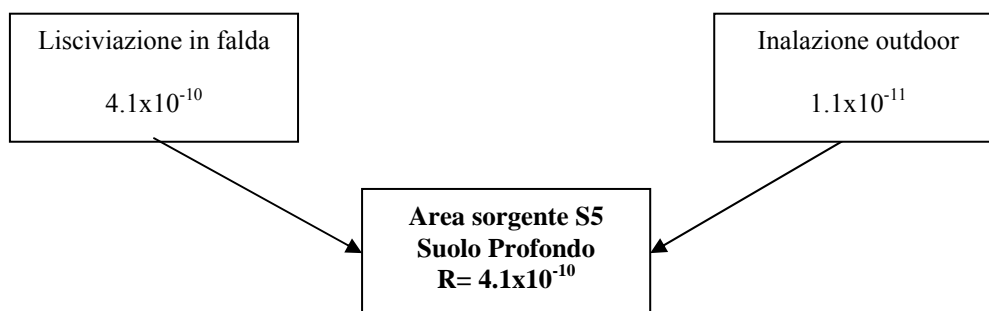
SUOLO PROFONDO

RISCHIO R	Ingestione lisciviazione	Inalazione outdoor
Benzo(a)antracene	2.2×10^{-10}	3.3×10^{-12}
Benzo(a)pirene	1.6×10^{-10}	1.1×10^{-12}
Benzo(b)fluorantene	1.5×10^{-11}	6.9×10^{-12}
Indeno (1,2,3-cd)pirene	6.3×10^{-13}	0.0
TOTALE	4.1×10^{-10}	1.1×10^{-11}

Tabella 6.26: valutazione del rischio riferito al suolo profondo nell'area sorgente S5

Rischio cumulativo:

Lisciviazione in falda	4.1×10^{-10}
Inalazione outdoor	1.1×10^{-11}

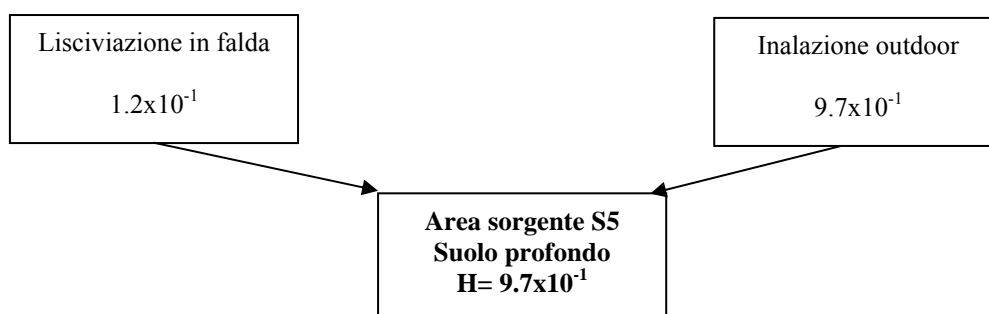


INDICE DI PERICOLO	Ingestione lisciviazione	Inalazione outdoor
Benzo(a)antracene	0.0	5.4×10^{-11}
Benzo(a)pirene	0.0	1.4×10^{-13}
Benzo(b)fluorantene	0.0	1.1×10^{-10}
Benzo(g,h,i)perilene	5.1×10^{-10}	5.2×10^{-12}
Indeno(1,2,3-cd)pirene	1.1×10^{-10}	0.0
Idrocarburi C>12 alifatici	3.8×10^{-8}	4.6×10^{-3}
Idrocarburi C>12 aromatici	4.2×10^{-3}	0.0

Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 64	Di 73
--	--	------------	--------------	----------

INDICE DI PERICOLO	Ingestione lisciviazione	Inalazione outdoor
Xileni	1.1×10^{-1}	9.6×10^{-1}
TOTALE	1.2×10^{-1}	9.7×10^{-1}

Tabella 6.27: valutazione dell'indice di pericolo riferito al suolo profondo nell'area sorgente S5



L'indice di pericolo ottenuto è stato confrontato con il valore di rischio tollerabile per le sostanze tossico nocive, pari a 1, mentre per il rischio la soglia accettabile è stata assunta pari a 10^{-5} , essendo in presenza di più contaminanti. Dall'analisi effettuata, emerge che sia l'indice di pericolo sia il rischio calcolati per l'uomo sono accettabili per ogni via di esposizione analizzata.

In Allegato 9 è riportato il listato completo fornito dal programma RISC 4.0 che riassume i dati utilizzati per l'implementazione dell'analisi ed i risultati ottenuti.

6.3.7 Area sorgente S6

Nelle tabelle seguenti vengono illustrati i risultati dell'analisi implementate per il calcolo del rischio per le sostanze cancerogene e dell'indice di pericolo per le sostanze tossico nocive relativamente all'area sorgente S6.

SUOLO PROFONDO

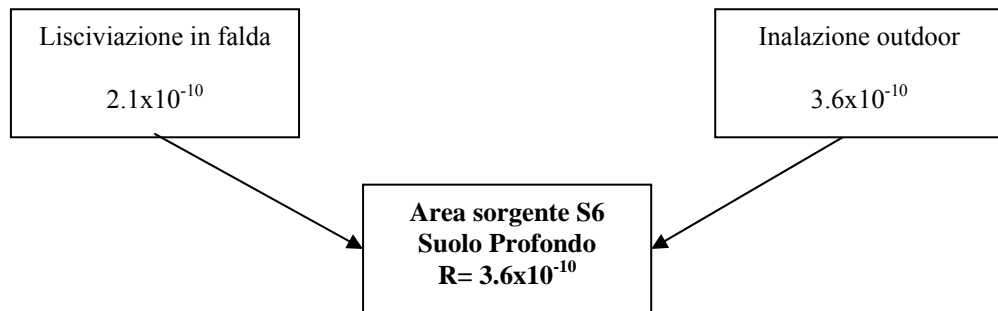
RISCHIO R	Ingestione lisciviazione	Inalazione outdoor
Benzo(a)antracene	9.3×10^{-11}	3.9×10^{-11}
Benzo(a)pirene	1.1×10^{-10}	4.9×10^{-11}
Benzo(b)fluorantene	1.1×10^{-11}	2.7×10^{-10}
Indeno (1,2,3-cd)pirene	4.3×10^{-13}	7.7×10^{-14}
TOTALE	2.1×10^{-10}	3.6×10^{-10}

Tabella 6.28: valutazione del rischio riferito al suolo profondo nell'area sorgente S6

Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 65	Di 73
---	---	------------	--------------	----------

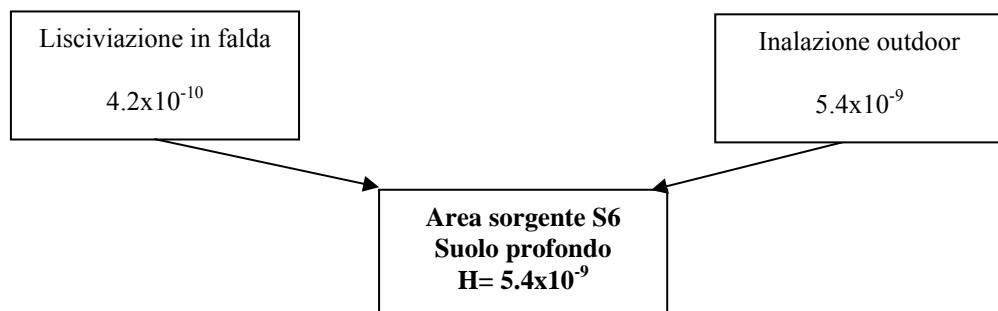
Rischio cumulativo:

Lisciviazione in falda	2.1×10^{-10}
Inalazione outdoor	3.6×10^{-10}



INDICE DI PERICOLO	Ingestione lisciviazione	Inalazione outdoor
Benzo(a)antracene	0.0	6.5×10^{-10}
Benzo(a)pirene	0.0	6.0×10^{-12}
Benzo(b)fluorantene	0.0	4.5×10^{-9}
Benzo(g,h,i)perilene	3.5×10^{-10}	3.6×10^{-10}
Indeno(1,2,3-cd)pirene	6.8×10^{-11}	1.1×10^{-13}
TOTALE	4.2×10^{-10}	5.4×10^{-9}

Tabella 6.29: valutazione dell'indice di pericolo riferito al suolo profondo nell'area sorgente S6



L'indice di pericolo ottenuto è stato confrontato con il valore di rischio tollerabile per le sostanze tossico nocive, pari a 1, mentre per il rischio la soglia accettabile è stata assunta pari a 10^{-5} , essendo in presenza di più contaminanti. Dall'analisi effettuata, emerge che sia l'indice di pericolo sia il rischio calcolati per l'uomo sono accettabili per ogni via di esposizione analizzata.

In Allegato 10 è riportato il listato completo fornito dal programma RISC 4.0 che riassume i dati utilizzati per l'implementazione dell'analisi ed i risultati ottenuti.

Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 66	Di 73
--	--	-------------------	---------------------	-----------------

6.3.8 Area sorgente S7

Nelle tabelle seguenti vengono illustrati i risultati dell'analisi implementate per il calcolo dell'indice di pericolo per l'area sorgente S7.

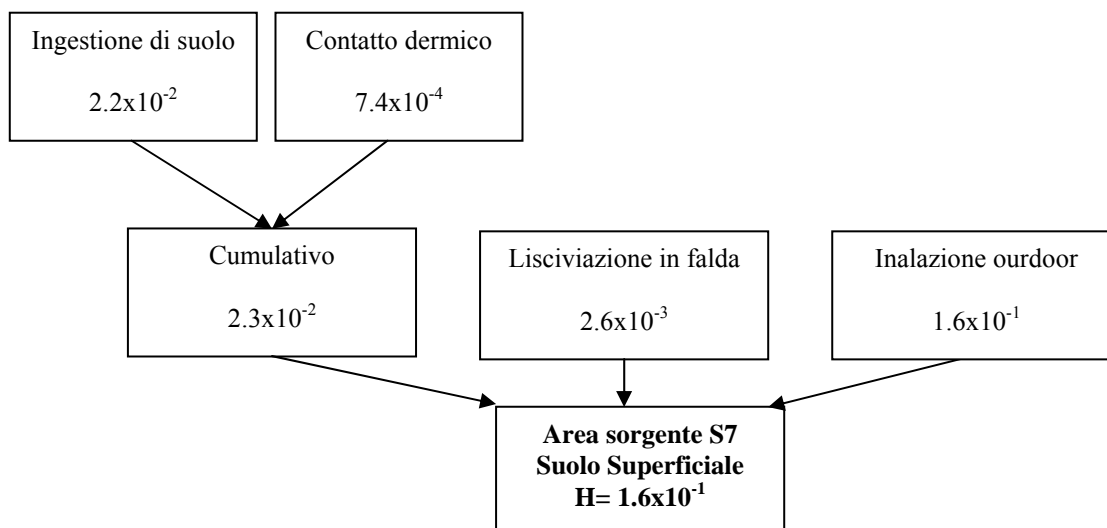
SUOLO SUPERFICIALE

INDICE DI PERICOLO	Ingestione Suolo	Contatto dermico	Ingestione lisciviazione	Inalazione outdoor
TPH alifatici	5.2×10^{-3}	1.7×10^{-4}	2.6×10^{-8}	1.6×10^{-1}
TPH aromatici	1.7×10^{-2}	5.7×10^{-4}	2.6×10^{-3}	0.0
TOTALE	2.2×10^{-2}	7.4×10^{-4}	2.6×10^{-3}	1.6×10^{-1}

Tabella 6.30: valutazione dell'indice di pericolo riferito al suolo superficiale nell'area sorgente S7

Indice di pericolo cumulativo:

Ingestione di suolo:	2.2×10^{-2}
Contatto dermico:	7.4×10^{-4}
Lisciviazione in falda	2.6×10^{-3}
Inalazione outdoor	1.6×10^{-1}



L'indice di pericolo ottenuto è stato confrontato con il valore di rischio tollerabile per le sostanze tossico nocive, pari a 1, ed è risultato ad esso inferiore, quindi accettabile.

Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 67	Di 73
--	--	-------------------	---------------------	-----------------

In Allegato 11 è riportato il listato completo fornito dal programma RISC 4.0 che riassume i dati utilizzati per l'implementazione dell'analisi ed i risultati ottenuti.

6.3.9 Area sorgente A1

Nelle tabelle seguenti vengono illustrati i risultati dell'analisi implementate per il calcolo del rischio per le sostanze cancerogene e dell'indice di pericolo per le sostanze tossico nocive relativamente all'area sorgente A1.

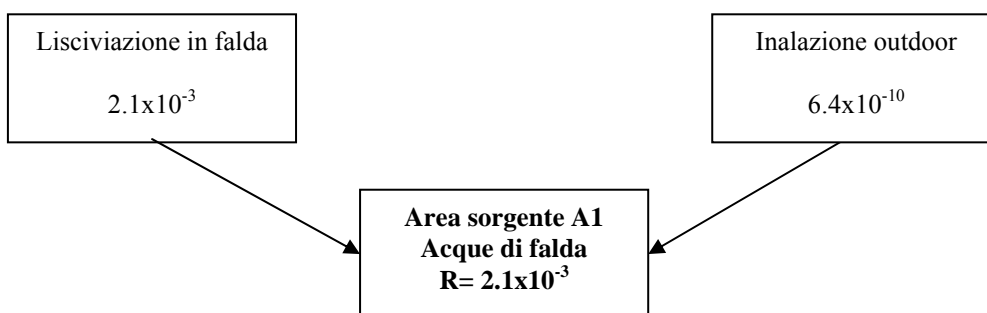
ACQUE DI FALDA

RISCHIO R	Ingestione lisciviazione	Inalazione outdoor
Arsenico	7.7×10^{-5}	0.0
Benzene	1.2×10^{-7}	6.3×10^{-10}
Benzo(a)pirene	3.6×10^{-7}	4.1×10^{-12}
TOTALE	2.1×10^{-3}	6.4×10^{-10}

Tabella 6.31: valutazione del rischio riferito all'area sorgente A1

Rischio cumulativo:

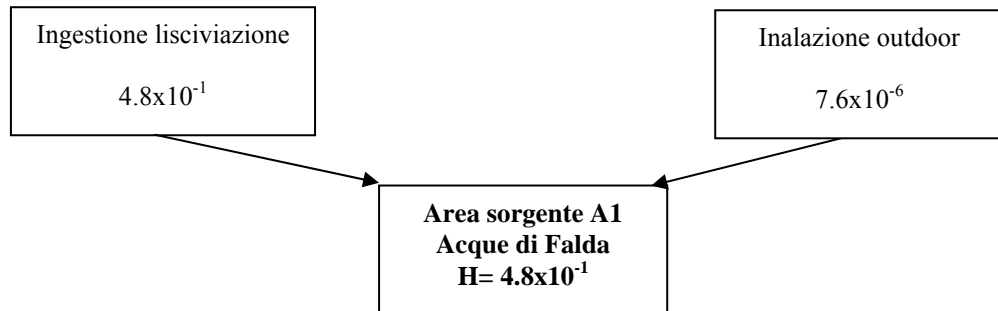
Ingestione	2.1×10^{-3}
Inalazione outdoor	6.4×10^{-10}



INDICE DI PERICOLO	Ingestione lisciviazione	Inalazione outdoor
Arsenico	4.8×10^{-1}	0.0
Benzene	2.8×10^{-3}	7.6×10^{-6}
Benzo(a)pirene	0.0	5.0×10^{-13}
Benzo(g,h,i)perilene	6.2×10^{-6}	1.1×10^{-10}
Nitriti	0.0	0.0
TOTALE	4.8×10^{-1}	7.6×10^{-6}

Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 68	Di 73
---	---	------------	--------------	----------

Tabella 6.32: valutazione dell'indice di pericolo riferito all'area sorgente A1



L'indice di pericolo ottenuto è stato confrontato con il valore di rischio tollerabile per le sostanze tossico nocive, pari a 1, mentre per il rischio la soglia accettabile è stata assunta pari a 10^{-5} , essendo in presenza di più contaminanti. Dall'analisi effettuata, emerge che sia l'indice di pericolo per l'uomo è accettabile per ogni via di esposizione analizzata, ma permane un rischio residuo superiore alla soglia accettabile dovuto all'arsenico con modalità di esposizione legata all'ingestione.

In Allegato 12 è riportato il listato completo fornito dal programma RISC 4.0 che riassume i dati utilizzati per l'implementazione dell'analisi ed i risultati ottenuti.

6.3.10 Area sorgente A2

Nelle tabelle seguenti vengono illustrati i risultati dell'analisi implementate per il calcolo del rischio per le sostanze cancerogene e dell'indice di pericolo per le sostanze tossico nocive relativamente all'area sorgente A2.

ACQUE DI FALDA

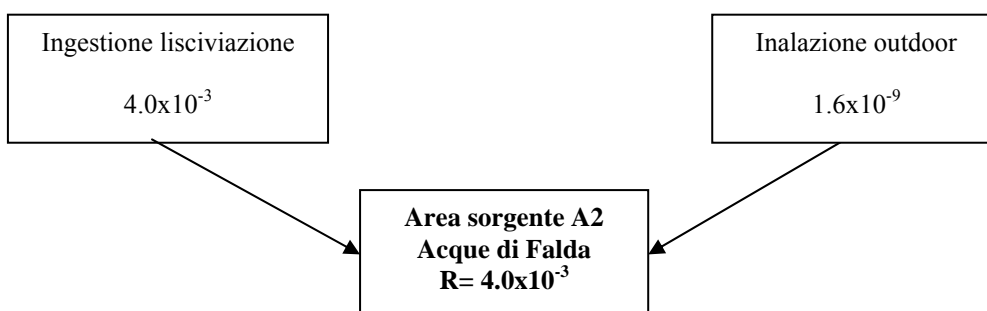
RISCHIO R	Ingestione lisciviazione	Inalazione outdoor
Arsenico	9.4×10^{-5}	0.0
Benzo(a)antracene	2.3×10^{-6}	4.8×10^{-10}
Benzene	1.6×10^{-7}	2.9×10^{-5}
Benzo(a)pirene	1.1×10^{-5}	8.6×10^{-10}
Benzo(b)fluorantene	2.1×10^{-6}	2.8×10^{-9}
Benzo(k)fluorantene	4.3×10^{-8}	5.6×10^{-13}
Dibenzo(a,h)antracene	1.8×10^{-6}	1.8×10^{-12}
Indeno(1,2,3-cd)pirene	8.4×10^{-7}	3.3×10^{-11}
PCB	1.8×10^{-6}	9.0×10^{-9}
TOTALE	2.1×10^{-3}	1.6×10^{-9}

Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 69	Di 73
--	--	-------------------	---------------------	-----------------

Tabella 6.33: valutazione del rischio riferito all'area sorgente A2

Rischio cumulativo:

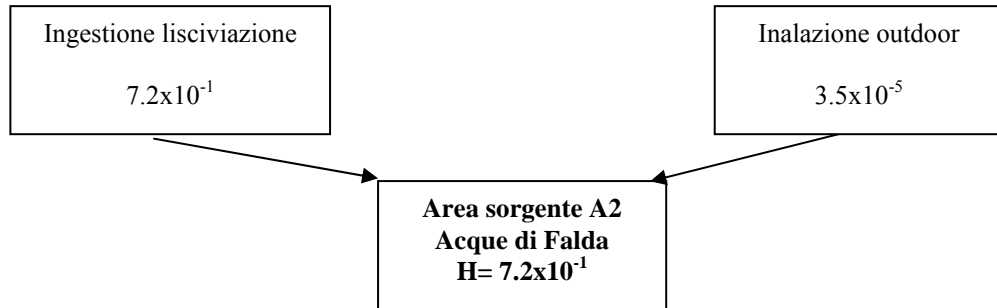
Ingestione	4.0×10^{-3}
Inalazione outdoor	1.6×10^{-9}



INDICE DI PERICOLO	Ingestione lisciviazione	Inalazione outdoor
Arsenico	5.9×10^{-1}	0.0
Benzo(a)antracene	0.0	7.9×10^{-9}
Benzene	3.8×10^{-3}	3.5×10^{-5}
Benzo(a)pirene	0.0	1.0×10^{-10}
Benzo(b)fluorantene	0.0	4.5×10^{-8}
Benzo(g,h,i)perilene	7.8×10^{-5}	8.9×10^{-9}
Benzo(k)fluorantene	0.0	1.8×10^{-9}
Dibenzo(a,h)antracene	0.0	7.3×10^{-12}
Indeno(1,2,3-cd)pirene	1.1×10^{-4}	4.9×10^{-11}
Nitriti	0.0	0.0
PCB	1.3×10^{-1}	0.0
TOTALE	7.2×10^{-1}	3.5×10^{-5}

Tabella 6.34: valutazione dell'indice di pericolo riferito all'area sorgente A2

Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 70	Di 73
--	--	-------------------	---------------------	-----------------



L'indice di pericolo ottenuto è stato confrontato con il valore di rischio tollerabile per le sostanze tossico nocive, pari a 1, mentre per il rischio la soglia accettabile è stata assunta pari a 10^{-5} , essendo in presenza di più contaminanti. Dall'analisi effettuata, emerge che sia l'indice di pericolo per l'uomo è accettabile per ogni via di esposizione analizzata, ma permane un rischio residuo superiore alla soglia accettabile legato alla modalità di esposizione ingestione.

In Allegato 13 è riportato il listato completo fornito dal programma RISC 4.0 che riassume i dati utilizzati per l'implementazione dell'analisi ed i risultati ottenuti.

Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 71	Di 73
---	---	------------	--------------	----------

7 CONCLUSIONI

Al termine delle attività descritte nel presente documento, si formulano le osservazioni conclusive seguenti:

- nel corso delle indagini di caratterizzazione del terreno sono stati individuati dei superamenti delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione riferite a siti ad uso commerciale e industriale per IPA, e, in misura decisamente inferiore, metalli, idrocarburi pesanti e, in un punto, PCB e BTEX. Si precisa inoltre che la contaminazione da IPA è presente esclusivamente nel terreno profondo (in falda e fuori falda), mentre i metalli sono presenti soltanto nel suolo superficiale. Gli idrocarburi pesanti sono stati invece riscontrati sia nel terreno superficiale sia in quello profondo.
- In merito ai PCB, alla luce della pericolosità dell'elemento in questione e degli effetti da questo generati localmente anche sulla falda (in PZ6 C=0.26µg/l), si ritiene opportuno effettuare un intervento di messa in sicurezza di emergenza mediante rimozione e smaltimento del terreno contaminato. Tale intervento sarà spinto cautelativamente sino al raggiungimento delle concentrazioni soglia di contaminazione riferite a suoli ad uso commerciale e industriale (CSC=5mg/kg).
- Anche in falda sono stati individuati dei superamenti delle CSC. A questo proposito occorre precisare che gli analiti riscontrati nelle acque non sono sempre gli stessi individuati nel terreno in concentrazioni non conformi ai limiti di legge. È il caso di arsenico, benzene e dibenzo(a,h)antracene.
- La qualità delle acque di falda risente anche della presenza di boro e solfati, la cui presenza dipende dall'influenza del cuneo salino.
- Alla luce dei risultati delle indagini effettuate, sono state implementate delle analisi di rischio al fine di valutare gli effetti cancerogeni e/o tossici sulla salute umana degli elementi con concentrazioni maggiori delle rispettive CSC. Tali analisi sono state implementate facendo riferimento alla configurazione attuale del sito, che non tiene conto della pavimentazione che verrà posata sull'area indagata in occasione della costruzione della strada. Tale ipotesi è sicuramente più penalizzante, e quindi maggiormente cautelativa.
- Le analisi di rischio riferite al terreno hanno dimostrato che le concentrazioni presenti in sito generano un rischio o un pericolo accettabile per tutte le sorgenti di contaminazione individuate, con la sola eccezione dell'area sorgente S1, in cui è presente un rischio residuo non accettabile legato alle vie di esposizione dirette, quindi ingestione e contatto dermico.

A questo proposito occorre però precisare che l'area sarà interamente pavimentata in fase di costruzione della strada di progetto e di conseguenza si modificheranno le vie di esposizione possibili. La presenza della pavimentazione eliminerà infatti la possibilità di un contatto dermico o dell'ingestione di terreno superficiale contaminato, annullando pertanto il rischio calcolato come illustrato.

- Anche l'analisi implementata per le acque sotterranee ha evidenziato la presenza di un rischio non accettabile per la salute dell'uomo che si attiva con modalità di esposizione ingestione.

A questo proposito però è necessario evidenziare che, almeno per l'arsenico, la sorgente della contaminazione non è stata individuata all'interno del sito, ma si trova a monte dello stesso. La presenza di arsenico in



Progetto	Identificativo documento	Rev.	Pagina	Di
Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	123.700 D1 ODR A001	01	72	73

concentrazioni superiori alla CSC riferita a aree ad uso commerciale e industriale è stata infatti riscontrata in un solo campione di terreno, prelevato in falda.

Per quanto riguarda invece gli altri analiti riscontrati, occorre precisare essi sono riconducibili sia alla presenza di materiali di riporto sia alle attività svolte a monte del sito, dove sono presenti acciaierie ed una raffineria.

Occorre da ultimo evidenziare che il percorso espositivo che genera rischio è legato all'ingestione di acque sotterranee. A seguito della realizzazione della strada, verrà preclusa la possibilità di ingestione e si interromperà così l'unico percorso espositivo attualmente attivo.



Progetto Piastra portuale di Taranto – Strada dei Moli	Identificativo documento 123.700 D1 ODR A001	Rev. 01	Pagina 73	Di 73
---	---	------------	--------------	----------

8 RIFERIMENTI NORMATIVI E DOCUMENTI CITATI NEL TESTO

Sono elencati i documenti citati nel testo.

- [1] Decreto Legislativo 3 aprile 2006 n. 152, “Norme in materia ambientale”, (G.U. n. 88 del 14 Aprile 2006).

- [2] Decreto Ministeriale n. 471 del 25 ottobre 1999, “ Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti inquinati, ai sensi dell’articolo 17 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22, e successive modificazioni e integrazioni” (G.U. n. 293 del 15 dicembre 1999).

- [3] “Piano della Caratterizzazione del sito Strada dei Moli – Relazione Tecnica Descrittiva”, Convenzione tra commissario delegato per l’emergenza ambientale in Puglia, Politecnico di Bari ed Arpa Puglia avente ad oggetto l’attività di caratterizzazione del sito inquinato di interesse nazionale di Taranto, Novembre 2004

- [4] “Legge 426/98: Sito di interesse nazionale di Taranto – Verbale della Conferenza dei Servizi decisoria ex art. 14 della legge n.241/90 del 15/09/05”, prot. n. 378/Qdv/DI (B), 10/01/2005.

- [5] “Analisi del comportamento di una diga in calcarenite e della sua fondazione in argille grigio-azzurre”, Phd Thesis, Technical University of Bari (Italy), Lollino, P. (2000).

- [6] “Criteri metodologici per l’applicazione dell’analisi assoluta di rischio ai siti contaminati - Revisione 1”, APAT, luglio 2006.