



Agenzia Regionale Protezione Ambientale Campania



Analisi di Rischio sito specifica ai sensi del D.Lgs. 152/06 del sito Officina Comunale Brin di Via B. Brin Comune di Napoli (NA) SIN "Napoli Orientale"

Dicembre 2017

rev 1

INDICE

PREMESSA	3
1. RACCOLTA DATI ESISTENTI	4
1.1 DESCRIZIONE SITO	4
1.2 RISULTATI DELLE INDAGINI AMBIENTALI	4
1.2.1 Indagini indirette.....	5
1.2.2 Indagini dirette.....	5
1.2.3 Risultati analisi chimiche.....	6
2. METODOLOGIA DELL’ANALISI DI RISCHIO SANITARIO-AMBIENTALE... 13	
2.1 RISCHIO: DEFINIZIONE E ACCETTABILITÀ.....	14
3. ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA..... 16	
3.1 MODELLO CONCETTUALE SITO SPECIFICO	16
3.2 PARAMETRI SITO-SPECIFICI.....	18
3.2.1 Parametri meteo climatici	18
3.2.2 Parametri di idrogeologia locale	20
3.2.3 Granulometria/tessitura del suolo	22
3.2.4 Tabella parametri sito specifici.....	22
3.2.5 Parametri di default	26
4. RISULTATI	27
5. CONCLUSIONI..... 31	
6. BIBLIOGRAFIA	33

ALLEGATI

Allegato 1	Convenzione
Allegato 2	Inquadramento territoriale
Allegato 3	Perimetrazione del sito
Allegato 4	Stralci delle Varianti al P.R.G. del comune di Napoli
Allegato 5	Georadar
Allegato 6	Bonifica Ordigni Bellici
Allegato 7	Rapporti di prova
Allegato 8	Sintesi analisi chimiche
Allegato 9	Validazione Arpac
Allegato 10	Dati meteo climatici
Allegato 11	Slug test
Allegato 12	Isofreatiche
Allegato 13	Stratigrafie /Analisi granulometriche



Direzione Tecnica

Analisi di Rischio Sito Specifica
“Officina Comunale Brin”
Comune di Napoli – rev.1
codice 3049N260

Pagina 2 di 33

Gruppo di lavoro

Arch. Giovanni Stellato
Geol. Antonio Di Donna
Ing. Valentina Sammartino Calabrese
Dott. Geol. Gianluca Ragone

Il Dirigente U.O. CAAR
Referente gruppo di lavoro
Ing. Rita Iorio

Il Dirigente U.O.C. S.I.C.B.
Dott. Salvatore Di Rosa



PREMESSA

Il presente elaborato di Analisi di Rischio Sito Specifica è relativo al sito “Officina Comunale Brin” nel comune di Napoli.

Esso è stato redatto da ARPAC in relazione alla convenzione di servizi stipulata con la Regione Campania, prot. 2015. 0765794 del 10/11/2015 (Allegato 1), per l'esecuzione del progetto di servizi *"Elaborazione Analisi di Rischio sito-specifica" di cui all'art. 242 del D.Lgs. 152/06 e s.m.i., per i siti individuati dalle delibere di Giunta Regionale della Campania n. 57/2015 e n. 197/2015"*.

Tale documento è stato revisionato alla luce delle considerazioni emerse in sede di riunione tecnica con ISPRA e il MATTM il giorno 15/02/2017 avente oggetto: *"Analisi di Rischio sito specifica di cui all'art. 242 del D.Lgs. 152/06 e s.m.i., per i siti individuati dalle delibere di Giunta Regionale della Campania n. 57/2015 e n. 197/2015"*.

La presente analisi di rischio è stata condotta secondo quanto previsto dall'Allegato 1, Parte IV, Titolo V del D.lgs. 152/06 e s.m.i., contenente i “Criteri generali per l’analisi di rischio sanitario e ambientale sito specifica”.

Il Titolo V del sopracitato Decreto disciplina gli interventi di bonifica e ripristino ambientale dei siti contaminati e stabilisce le procedure, i criteri e le modalità per lo svolgimento delle operazioni necessarie per l’eliminazione delle sorgenti dell’inquinamento e comunque per la riduzione delle concentrazioni di sostanze inquinanti.

1. RACCOLTA DATI ESISTENTI

1.1 *Descrizione sito*

L'area in esame, ubicata nel settore sud-occidentale del sito di Interesse nazionale “Napoli Orientale”, si colloca su un'area sub-pianeggiante a circa 3.5 m s.l.m. Essa confina ad ovest con il Deposito Stella Polare, a Nord con il Gasometro, a Est con Via Brecece a Sant'Erasmo ed infine a Sud con l'esercizio commerciale “Arredando.” L'area, attualmente adibita a parcheggio automezzi della Società ASIA del Comune di Napoli, risultava compresa all'interno di uno spazio occupato dal deposito ATAN.

Il sito, a cui si accede da via Brin, si estende su di una superficie interamente pavimentata di circa 6.200 mq. E' costituito da un piazzale di ingresso scoperto (700 mq circa) e da un'area coperta (5.500 mq) a sua volta composta da una serie di edifici adibiti ad uffici ed officine che, sviluppandosi lungo i tre lati di confine, delimitano un'area centrale.

Gli edifici si differenziano per caratteristiche strutturali (telaio in c.a con muratura di tamponamento, muratura portante, ecc.) e funzionali. Si sviluppano per uno o due piani fuori terra e pertanto non presentano locali interrati. Gli interpiani misurano circa 3,20 m per quanto riguarda i locali uffici e 5,00 m per quanto riguarda le officine e locali annessi. Gli spessori delle murature variano dai 30 cm ai 50 cm a seconda delle tipologie strutturali.

L'area centrale è aperta sul lato ingresso via Brin ed è adibita al parcheggio degli automezzi. Essa è coperta con una tettoia metallica a doppia falda, impostata a quota circa 7,00-7,50 m.

L'area scoperta di ingresso è pavimentata in conglomerato bituminoso; l'area coperta con la tettoia presenta una pavimentazione industriale mentre gli edifici sono pavimentati con pavimentazione ad uso civile.

Tutti i primi calpestii risultano essere ad una quota di circa +30 cm rispetto alla quota del piazzale scoperto d'ingresso e non presentano segni evidenti di fratturazione. Lo spessore delle fondazioni è stimato in non meno di 15 cm per l'area degli edifici e in 20-25 cm per l'area adibita a parcheggio.

Nelle immediate vicinanze (<30 mt) sono presenti diversi edifici e siti ad uso industriale e commerciale.

Il Comune di Napoli è dotato di Variante generale al P.R.G. approvato con Decreto del Presidente della Giunta Regionale della Campania n. 323 dell'11/06/2007. L'area “Officina Comunale Brin” è classificata dalla variante al P.R.G. come: Sottozona Db (insediamenti per la produzione di beni e servizi). In Allegato 2 si riporta il certificato di destinazione urbanistica.

1.2 *Risultati delle Indagini ambientali*

Il Piano della Caratterizzazione ai sensi del D.M. 471/99 del sito “Officina Comunale Brin” nel Comune di Napoli è stato redatto da ARPAC – Agenzia Regionale Protezione Ambientale Campania, nel Febbraio 2006 ed approvato dal Ministero dell'Ambiente in sede di Conferenza dei Servizi decisoria il 28 Febbraio 2006. Tale Piano ha comportato l'esecuzione di:

- indagini di tipo indiretto: al fine di una corretta ubicazione dei punti di sondaggio per la definizione di eventuali anomalie presenti nel sottosuolo (fusti interrati, tubazioni, ordigni bellici ecc.) è stato effettuato un rilievo geofisico tramite georadar su tutta l’area oggetto di intervento, (indagini geoelettriche ed elettromagnetiche)
- indagini di tipo diretto.

1.2.1 Indagini indirette

Al fine di una corretta ubicazione dei punti di sondaggio ambientale, di individuare la possibile presenza di sottoservizi interrati in corrispondenza dei punti di indagine, è stato eseguito un rilievo geofisico su tutta l’area oggetto di intervento (Allegato 5). Sono state indagate puntualmente le cinque postazioni, in corrispondenza delle quali sono stati effettuati i sondaggi.

Prima di realizzare la caratterizzazione, l’area in esame è stata oggetto di una campagna di ricerca di ordigni bellici residuati, effettuata in corrispondenza dei punti di indagine, per confermare definitivamente l’assenza di interferenze con i sottoservizi.

I risultati della campagna di ricerca e la relativa documentazione sono stati riportati in Allegato 6.

1.2.2 Indagini dirette

Complessivamente sono stati realizzati:

- n° 5 sondaggi geognostici a carotaggio continuo (S1P, S2, S3P, S4P, S5P) spinti sino alla profondità di 10 metri da p.c.
- n° 4 sondaggi (S1P, S3P, S4P, S5P) attrezzati a piezometro da 4” alla profondità di 10 m da p.c.

In Figura 1 è riportata la planimetria del sito con ubicazione dei sondaggi realizzati.

In Tabella 1 si riporta il riepilogo delle coordinate rilevate per ciascun punto di indagine (UTM 33 T WGS84 riferite alla cartografia della Campania 1:5000) .

<i>Tabella 1 - Coordinate rilevate per ciascun punto di indagine</i>		
Sigla sondaggio	Coord. X	Coord. Y
S1P	439222	4522009
S2	439232	4522045
S3P	439282	4521994
S4P	439289	4522028
S5P	439323	4521996

Figura 1 - Planimetria del sito con ubicazione dei punti di indagine



1.2.3 Risultati analisi chimiche

Complessivamente, nel corso delle indagini ambientali eseguite nell’ambito delle indagini di caratterizzazione sono stati prelevati e sottoposti ad analisi chimiche di laboratorio:

- n° 1 top soil
- n° 15 campioni di terreno di cui:
 - un campione rappresentativo dei terreni superficiali (0-1 m di profondità da p.c.)
 - un campione rappresentativo dell’interfaccia tra terreni insaturi e terreni saturi (4-5 m di profondità da p.c.)
 - un campione rappresentativo del fondo foro (9-10 m di profondità da p.c.)
- n. 1 blind duplicate
- n° 4 campioni di acqua di falda (escluso n. 1 campione di acqua field blank);

Per i *suoli* sono state effettuate analisi chimiche finalizzate alla ricerca di:

- Composti inorganici (Antimonio, Arsenico, Berillio, Cadmio, Cobalto, Cromo Totale, Cromo VI, Mercurio, Nichel, Piombo, Piombo Tetraetile, Rame, Selenio, Stagno, Tallio, Vanadio e Zinco);
- Aromatici Policiclici (Benzo(a)antracene, Benzo(a)pirene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(ghi)terilene, Crisene, Dibenzo(a, e)pirene, Dibenzo(a, l) pirene, Dibenzo(a, i)pirene, Dibenzo(a, h) pirene, Dibenzo(ah)antracene, Indenopirene e Pirene);

- Fenoli non clorurati;
- Clorofenoli;
- Sommatoria PCDD – PCDF;
- Composti Organici Aromatici (Benzene, Etilbenzene, Toluene, Xileni e Stirene);
- Idrocarburi (Leggeri C<12 e Pesanti C>12);
- Alifatici clorurati cancerogeni;
- Alifatici clorurati non cancerogeni;
- Alifatici alogenati cancerogeni;
- Clorobenzeni;
- MTBE;
- PCB su tutti i campioni di top-soil (0-10 cm) e nei campioni prelevati a profondità diversa da top soil.;
- Amianto sul 20% dei campioni di Top Soil per aree non pavimentate (0-10 cm)
- Diossine sul 20% dei campioni di Top Soli per aree non pavimentate (0-10 cm).

Per le *acque di falda* sono state eseguite analisi di laboratorio su un numero complessivo di 4 campioni di acqua finalizzate alla ricerca di:

- Composti inorganici non metallici (Fluoruri, Solfati, Cloruri, Nitriti, Nitrati e Ammoniaca);
- Composti inorganici (Alluminio, Antimonio, Argento, Arsenico, Berillio, Cadmio, Cobalto, Cromo Totale, Cromo VI, Ferro, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame, Selenio, Manganese, Tallio, Stagno, Tallio, Zinco e Vanadio);
- Piombo Tetraetile (PTE);
- Composti Organici Aromatici (Benzene, Etilbenzene, Toluene, para-Xilene e Stirene);
- Policiclici Aromatici (Benzo(a)antracene, Benzo(a)pirene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(ghi)terilene, Crisene, , Dibenzo(a, e)pirene, Dibenzo(a, l) pirene, Dibenzo(a, i)pirene, Dibenzo(a, h) pirene, Dibenzo(ah)antracene, Indeno (1,2,3,cd)pirene e Pirene);
- Fenoli e clorofenoli;
- Idrocarburi Totali;
- Parametro n-esano;
- MTBE;
- Alifatici clorurati cancerogeni;
- Alifatici clorurati non cancerogeni;
- Alifatici alogenati cancerogeni;
- Clorobenzeni;

- PCB.

I certificati analitici di laboratorio con i risultati delle analisi chimiche eseguite sui campioni di terreno e di acqua di falda sono inclusi nell'Allegato 3.

Campioni di suolo superficiale

Confrontando i risultati delle determinazioni analitiche effettuate sui campioni di suolo superficiale con i limiti normativi della Tabella 1 - Col. B Allegato 5 del D.Lgs.152/06, risulta che in uno solo dei punti investigati (S3P) si sono verificati superamenti, in particolare di: Benzo(a)antracene, Benzo(a)pirene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(g,h,i)perilene, Indeno(1,2,3-(cd)Pirene e Sommatore IPA nel sondaggio S3P.

I risultati delle analisi di laboratorio di tutti gli analiti ricercati per i campioni Top soil risultano conformi ai limiti di riferimento. In tabella 2 si riportano i superamenti delle CSC.

Campioni di suolo profondo

Confrontando i risultati delle determinazioni analitiche effettuate sui campioni di suolo profondo saturo con i limiti normativi della Tabella 1 - Col. B Allegato 5 del D.Lgs.152/06, risulta che il sito è interessato da una contaminazione dovuta a Idrocarburi pesanti C>12 nel sondaggio S3P. In tabella 3 si riportano i superamenti delle CSC.

Campioni di Acqua di falda

Confrontando i risultati delle determinazioni analitiche effettuate sui campioni di acqua di falda con le CSC previste dal D. Lgs. 152/06, risulta che il sito è interessato da una contaminazione dovuta a Idrocarburi Totali, Benzene, 1,1-dicloroetilene, Tribromometano, Ferro, Manganese, Piombo, Fluoruri, Azoto ammoniacale, Benzo(a)pirene, Benzo(g,h,i)perilene, Sommatoria IPA, Benzo(a)antracene, Benzo(b)fluorantene, Dibenzo(a,h)antracene, Toluene, p-xilene, 1,1,2-tricloroetano, 1,2,3-tricloropropano, 1,2-dibromoetano. In tab. 4 si riportano i superamenti delle CSC.

Tabella 2 - Superamenti delle CSC suolo superficiale

Dlgs 152/06, Parte IV, titolo V, All. 5, tab.1, Col. B mg/kg					10	10	10	10	10	5
Sond.	Coord_X	Coord_Y	Profondità	Data prelievo	Benzo (a))antracene	Benzo (a))pirene	Benzo(b)fluorantene	Benzo(k)fluorantene	Benzo(g,h,i)perilene	Indeno(1,2,3-(cd)pirene
S3P	439282	4521994	0,00 – 1,00 m	20/07/2007	21,05	19,94	29,37	35,84	27,46	25,53

Tabella 3 - Superamenti delle CSC suolo profondo saturo

Dlgs 152/06, Parte IV, titolo V, All. 5, tab.1, Col. B mg/kg						750
Sond	Coord_X	Coord_Y	Profondità	Data prelievo	Idrocarburi C>12	
S3P	439282	4521994	4.00-5.00	20/07/2007	5688	
			9.00-10.00		1259,7	

Tabella 4 – Risultati delle acque sotterranee

Dlgs 152/06, Parte IV, titolo V, All. 5, tab.2 µg/l					350	1	0,05	0,3	200	50	10	1500	1500	0,01	0,01	0,1	0,1	0,100	0,01	15	10	0,20	0,001	0,001
Sond.	Coord_X	Coord_Y	Profondità	Data prelievo	Idrocarburi Totali (n-esano)	Benzene	1,1-dicloroetilene	Tribromometano	Ferro	Manganese	Piombo	Fluoruri	Azoto ammoniacale	Benzo(a)pirene	Benzo(g,h,i)perilene	Benzo(a)antracene	Sommatoria IPA	Benzo(b)fluorantene	Dibenzo(a,h)antracene	Toluene	p-xilene	1,1,2 - tricloroetano	1,2,3- tricloropropano	1,2 - dibromoetano
S1P	439222,7	4522009	10.00	24/07/07	8.038	<0,1	<0,005	1,03	243	308	24	2056	1700	<0,002	<0,002	<0,005	<0,01	<0,005	<0,002	<0,1	<0,5	<0,03	<0,0005	0,024
S3P	439282,7	4521994	10.00	23/07/07	656	<0,1	<0,005	<0,02	420	430	3,9	1472	7500	0,087	0,097	<0,096	0,26	<0,041	<0,002	<0,1	<0,5	<0,03	<0,0005	<0,0005
S4P	439289,7	4522028	10.00	24/07/07	60.558	48	0,1	<0,02	2130	320	36,7	1256	4900	0,04	0,29	0,3	0,89	0,600	0,03	55	27,6	0,42	0,007	0,014
S5P	439323,7	4521996	10.00	24/07/07	3.535	<0,1	<0,005	0,22	2.900	900	53	1196	1900	<0,002	<0,002	<0,005	<0,01	<0,005	<0,002	<0,1	<0,5	<0,03	<0,0005	<0,0005

Sulla base dei dati indicati nelle tabelle sopra riportate, si può osservare quanto segue:

- Nei suoli superficiali la contaminazione è localizzata nel solo sondaggio S3P ed è associata ad IPA;
- Nel suolo profondo saturo si osserva un superamento sempre in S3P per Idrocarburi C>12, dovuto probabilmente alla presenza, in quell'area, di serbatoi interrati utilizzati in passato per lo stoccaggio di idrocarburi;
- Nelle acque sotterranee nel piezometro di monte S4P si evidenziano superamenti per Idrocarburi totali, Benzene, Toluene, p-Xilene, 1,1, Ferro, Manganese, Piombo, Azoto ammoniacale, IPA ed Organoalogenati (Dicloroetilene, 1,1,2 Tricloroetano, 1,2,3 Tricloropropano, 1,2 Dibromoetano);
- Nei piezometri di valle S1P, S3P e S5P si nota un trend in diminuzione per gli Idrocarburi totali, sebbene permangono delle concentrazioni significative, mentre per il Benzene e gli Organoclorurati i valori riscontrati sono al di sotto del limite di rilevabilità. Per gli IPA, Toluene e p-Xilene i valori riscontrati, nella maggioranza dei casi, nei piezometri di valle sono al di sotto del limite di rilevabilità. Per l'1,2 Dibromoetano, si riscontra un aumento di concentrazione nel solo piezometro di valle S1P. Gli analiti Ferro, Manganese, Piombo, Azoto ammoniacale e Fluoruri hanno concentrazioni a valle superiori di quelle di monte.

In figura 2 si rappresenta cartograficamente quanto finora descritto relativamente alla contaminazione in falda.

Figura 2 – Figura 2 – Risultati acque



2. METODOLOGIA DELL'ANALISI DI RISCHIO SANITARIO-AMBIENTALE

L'analisi di rischio rappresenta una procedura avanzata per valutare il grado di contaminazione di un sito e dei rischi per la salute umana e per l'ambiente circostante connessi con l'inquinamento rilevato. Essa costituisce lo strumento più indicato per supportare le strategie di gestione della contaminazione e per quantificare i pericoli legati alla presenza di sostanze presenti in concentrazioni superiori a quelle previste dalla normativa vigente.

La procedura di analisi di rischio codificata dall'ASTM e ripresa dal D.lgs. 152/06 - Parte IV – Titolo V e s.m.i., prevede un approccio graduale di approfondimento, denominato Risk Based Corrective Action (RBCA). Tale approccio è articolato in tre differenti livelli di approfondimento, che si differenziano fondamentalmente per conservatività, difficoltà di applicazione e rappresentatività sito specifica.

Il livello di dettaglio dell'analisi di rischio è legato allo scopo che ci si prefigge e alla complessità e criticità del sito:

- Risk Screening (livello 1)
- Procedura sito specifica (livello 2)
- Procedura approfondita (livello3)

I tre livelli possono così essere definiti:

- **primo livello (Tier 1)** corrisponde ad una valutazione di screening, in cui vengono determinati, sulla base di scenari, modelli ed assunzioni conservative generiche, i *Risk Based Screening Levels* (RBSL). I valori RBSL sono valori di concentrazione per le diverse matrici ambientali che hanno valore generico e non sito specifico. Se le concentrazioni rappresentative della contaminazione nel sito superano i suddetti valori, i RBSL possono essere un riferimento per gli obiettivi di bonifica, oppure si può passare al livello 2 di analisi che prevede la caratterizzazione specifica del sito;
- **secondo livello (Tier 2)** consiste in una valutazione sito specifica in cui vengono calcolati i *Site Specific Target Level* (SSTL), che corrispondono ai valori di concentrazione che possono costituire gli obiettivi di bonifica per le matrici contaminate. Nel livello 2 sono utilizzati modelli di trasporto analitici, in cui i dati d'ingresso sono ricavati da indagini ambientali condotte in sito. Qualora alcuni dati di input non siano disponibili, si ricorre a valori riportati in letteratura o a dati validati da studi condotti in contesti ambientali analoghi. Se le concentrazioni rappresentative della contaminazione nel sito superano i SSTL, questi ultimi possono essere presi come riferimento nell'individuazione degli obiettivi di bonifica, oppure si può passare al livello 3 di analisi che prevede l'uso di modelli di simulazione complessi e un maggior numero di dati;
- **terzo livello (Tier 3)** rappresenta lo stadio più approfondito di analisi di rischio. Il terzo livello prevede l'uso di strumenti di calcolo più complessi, costituiti da modelli numerici e stocastici per la

simulazione dei fenomeni di trasporto dei contaminanti. L'applicazione dell'analisi di rischio di terzo livello è possibile nel caso in cui si disponga di dati chimici, biologici e fisici specifici del sito, necessari alla completa determinazione dei fenomeni di riduzione del carico di contaminante in atto nel sottosuolo. Nella procedura di analisi di rischio sanitario (AdR), connessa alla contaminazione di un sito, è importante determinare il 'Modello Concettuale del Sito' (MCS). Tale modello è il frutto di indagini ed analisi di caratterizzazione del sito e la sua definizione comprende essenzialmente la ricostruzione dei caratteri delle tre componenti principali che costituiscono l'AdR:

Sorgente \Rightarrow **Trasporto** \Rightarrow **Bersaglio**

pertanto devono essere definiti:

- **Le sorgenti di contaminazione:** queste si differenziano in sorgenti primarie, rappresentate dall'elemento che è causa di inquinamento, e sorgenti secondarie identificate invece con il comparto ambientale contaminato (suolo, acqua, aria). Le sorgenti secondarie possono suddividersi in:
 - zona insatura, a sua volta distinta in suolo superficiale (profondità fino a 1 m) e suolo profondo (profondità superiori a 1 m);
 - zona satura o acqua sotterranea.

In accordo agli standard di riferimento la procedura di analisi di rischio viene applicata esclusivamente alle sorgenti secondarie di contaminazione.

- **Le vie di migrazione/percorsi di esposizione:** vengono distinte in base alla sorgente di contaminazione. Per il suolo superficiale si considerano l'ingestione di suolo, il contatto dermico, l'inalazione di vapori e polveri e la lisciviazione verso la risorsa idrica sotterranea; nel caso di un suolo profondo vengono attivati i percorsi di volatilizzazione e di lisciviazione in falda; per la zona satura infine la volatilizzazione e la migrazione verso il punto di conformità, cioè il punto “teorico” o “reale” di valle idrogeologico, in corrispondenza del quale devono essere rispettati gli obiettivi di qualità delle acque sotterranee.
- **I bersagli della contaminazione:** vengono presi in considerazione solo recettori umani, distinti in base alla destinazione d'uso del suolo contaminato, ovvero per aree residenziali/verde pubblico i bersagli sono adulti e bambini mentre per aree industriali/commerciali sono solo adulti (lavoratori).

2.1 Rischio: definizione e accettabilità

Il rischio (R) derivante da un sito contaminato è dato dalla seguente espressione:

R = E x T dove:

E = esposizione, definisce la condizione in cui un composto chimico viene a contatto con il recettore ed è il termine che quantifica la probabilità di contatto degli inquinanti con i bersagli.

L'esposizione è pari al prodotto tra la concentrazione del contaminante al punto di esposizione e i fattori di esposizione (tasso di contatto, durata e frequenza di esposizione, peso corporeo, durata della vita etc.).

T = tossicità di un composto chimico, stimato mediante studi scientifici condotti da organismi internazionali, fornito sotto forma di valori di potenziali cancerogeni o delle dosi massime assimilabili, a seconda che si tratti di una sostanza cancerogena o non cancerogena.

Il rischio **R** viene confrontato con i criteri di accettabilità individuali e cumulativi del rischio sanitario, per decidere se esistono o meno condizioni in grado di causare effetti sanitari nocivi. Il calcolo del rischio si differenzia a seconda che l'inquinante sia cancerogeno oppure non cancerogeno.

Per quantificare il rischio per la salute umana dovuto all'esposizione alla contaminazione, e valutarne l'accettabilità o la non accettabilità, si devono calcolare i quozienti di pericolo HI (*Hazard Index*) per le sostanze non cancerogene e i valori di rischio incrementale R per le sostanze cancerogene:

$$HI = Dose\ Assunta / Reference\ Dose\ (RfD)$$

$$R = Dose\ Assunta \times Slope\ Factor\ (SF),$$

in cui la **dose assunta**, ovvero la dose media giornaliera assunta, viene espressa come mg/kg giorno; **la dose di riferimento (RfD)** è espressa in mg/kg giorno e rappresenta la dose massima ammissibile, cioè la dose o concentrazione di sostanza tossica per la quale, in letteratura, non vengono riportati effetti avversi per l'uomo esposto alla sostanza stessa; **lo Slope Factor (SF)** è espresso in (mg/kg giorno)⁻¹, esso rappresenta il potenziale cancerogeno e stima la probabilità incrementale di ammalarsi di cancro nel corso della vita, associata all'assunzione di una dose unitaria di una certa sostanza cancerogena per unità di peso corporeo. Per le sostanze cancerogene, a differenza di quelle semplicemente tossiche, si ritiene che non esista un valore di soglia al di sotto della quale non vi siano effetti. Ciò a significare che non esiste un livello di esposizione alla sostanza che non ponga una probabilità anche se minima di generare una risposta cancerogena, in pratica non esiste una dose senza rischi.

A livello nazionale, secondo quanto previsto nel Testo Unico in campo Ambientale (D.Lgs. 152/06 e s.m.i.), il rischio per la salute umana è accettabile se sussistono le seguenti condizioni:

- R per singola sostanza $\leq 10^{-6}$;
- R cumulato $\leq 10^{-5}$;
- HI per singola sostanza ≤ 1 (non c'è rischio, in caso contrario si possono avere effetti non cancerogeni ma patologici sulla popolazione più sensibile);
- HI cumulato ≤ 1 (non c'è rischio, in caso contrario si possono avere effetti non cancerogeni ma patologici sulla popolazione più sensibile).

3. ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA

L'analisi di rischio applicata nel presente studio è di secondo livello (*Tier 2*), pertanto è stata effettuata una valutazione sito specifica in cui i dati d'ingresso sono stati ricavati da indagini ambientali condotte in sito e, in assenza di queste, da valori riportati in letteratura o da dati validati da studi condotti in contesti ambientali analoghi.

3.1 *Modello concettuale sito specifico*

L'analisi di rischio è stata svolta in modalità sia diretta che inversa ai fini del calcolo del rischio per inalazione proveniente dalla sorgente falda e delle Concentrazioni Soglia di Rischio per il rispetto del rischio sanitario.

Il software utilizzato è Risk-net 2.0 sviluppato nell'ambito della rete RECONnet (Rete Nazionale sulla gestione e la Bonifica dei Siti Contaminati) su iniziativa del Dipartimento di Ingegneria Civile e Ingegneria Informatica dell'Università di Roma “Tor Vergata”. Il software permette di calcolare il rischio (e le CSR) legato alla presenza di contaminanti all'interno di un sito, applicando la procedura APAT-ISPRA di analisi di rischio sanitaria ("Criteri metodologici l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati"; APAT-ISPRA 2008) in accordo con quanto previsto dalla normativa italiana (D.Lgs. 152/06 e D.Lgs. 04/08).

- **Sorgenti**

Le matrici ambientali considerate quali sorgenti secondarie di contaminazione sono il suolo superficiale, il suolo profondo e la falda idrica. Le dimensioni delle sorgenti sono state definite sulla base delle seguenti considerazioni:

- nel suolo superficiale si rilevano superamenti delle CSC solo nel sondaggio S3P, pertanto è stata considerata quale sorgente il poligono di Thiessen in cui ricade il suddetto sondaggio;
- nel suolo profondo insaturo non sono stati prelevati campioni di terreno, ma in via cautelativa allo stesso è stata associata la contaminazione rinvenuta nel suolo superficiale;
- per la falda l'estensione coincide con l'intera superficie del sito in quanto in tutti i piezometri realizzati sono stati rilevati superamenti delle CSC.

- **Vie di trasporto e percorsi di esposizione**

Le vie di trasporto attivate sono la lisciviazione dal suolo superficiale e dal suolo profondo verso la falda e la volatilizzazione da falda mentre i percorsi di esposizione possibili sono l'inalazione di vapori outdoor ed indoor on site.

- **Bersagli**

In base alla destinazione urbanistica attuale e futura e all’uso attuale dell’area, i potenziali bersagli on site sono i lavoratori. Nel raggio di 30 m dal confine del sito non sono presenti aree residenziali e ricreative, pertanto non sono stati considerati bersagli off site.

I contaminanti per i quali è stato valutato il rischio e le relative concentrazioni rappresentative della sorgente sono indicati nelle Tabelle 5 e 6. Le concentrazioni rappresentative della sorgente corrispondono alle concentrazioni massime rilevate in tutti i piezometri, comprese le analisi eseguite dall’Ente di Controllo.

I parametri chimico fisici e tossicologici utilizzati sono quelli riportati nella banca dati ISS-ISPEL, aggiornata a Marzo 2015.

Tabella 5– Concentrazioni rappresentative delle sorgenti suolo superficiale e suolo profondo

Contaminante	CRS (mg/kg)
Benzo(a)antracene	21,05
Benzo(a)pirene	19,94
Benzo(b)fluorantene	29,37
Benzo(k)fluorantene	35,84
Benzo(g,h,i)perilene	27,46
Indeno(1,2,3-CD)pirene	25,53

Tabella 6 – Concentrazioni rappresentative della sorgente acqua di falda

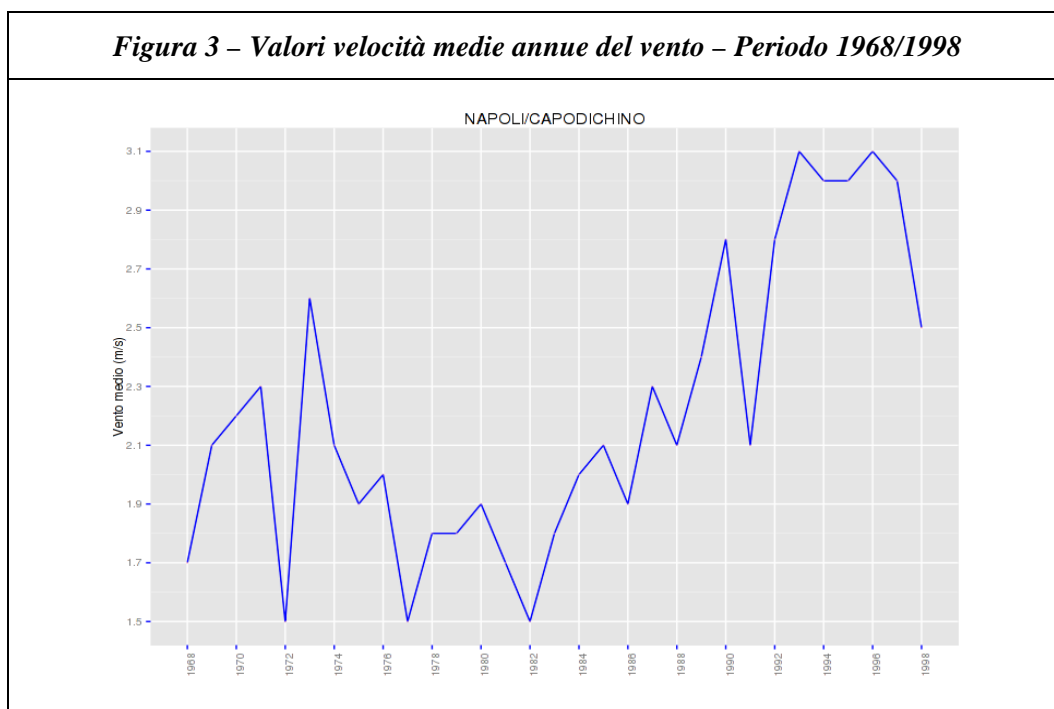
Contaminante	CRS (µg/l)
Idrocarburi Totali (n-esano)	60558
Benzene	48
1,1-dicloroetilene	0,1
Tribromometano	1,03
Toluene	55
p-xilene	27,6
1,1,2 - tricloroetano	0,42
1,2,3- tricloropropano	0,007
1,2 - dibromoetano	0,024

3.2 Parametri sito-specifici

3.2.1 Parametri meteo climatici

Per quel che concerne la velocità del vento e la piovosità, sono stati utilizzati i dati meteorologici ricavati dall’archivio SCIA (Sistema nazionale per la raccolta, l’elaborazione e la diffusione di dati Climatologici di Interesse Ambientale) al link <http://www.scia.isprambiente.it> e fanno riferimento alla stazione meteo di Napoli Capodichino.

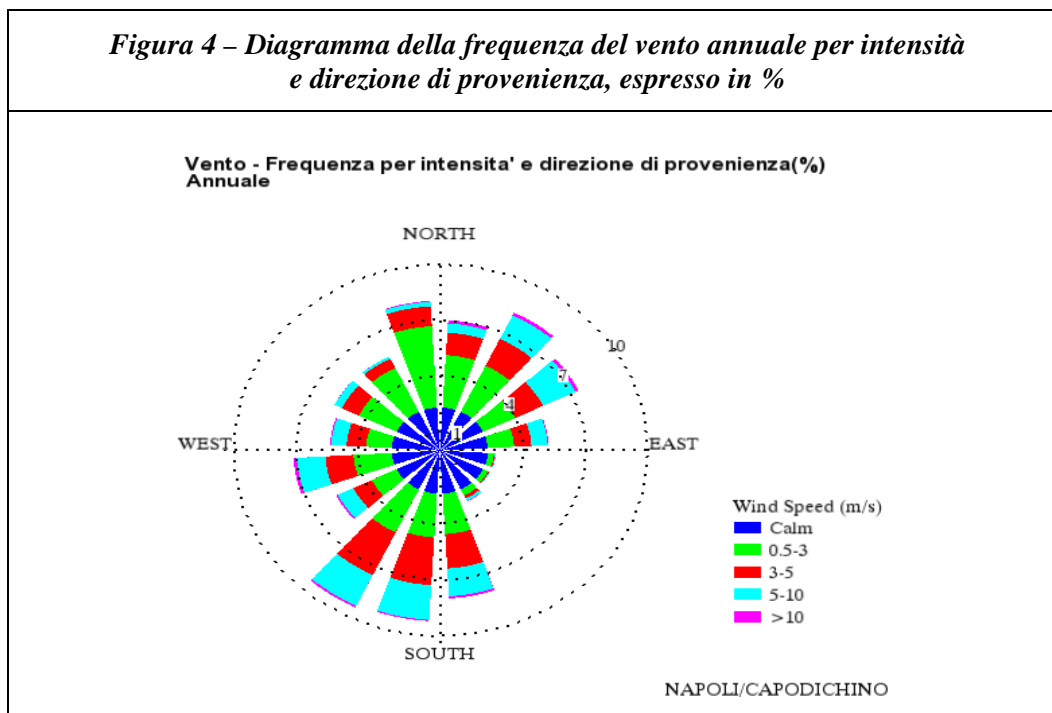
Nella figura n. 3 vengono rappresentate le velocità medie annuali del vento relativamente alla serie storica 1968 -1998. Il valore utilizzato ai fini dell’implementazione dell’analisi di rischio è **1,5 m/s** corrispondente al minimo rilevato.



Ai fini della stima del valore di velocità media del vento alla quota di 2 m, all’interno del software sono state impostate una quota di 10 m della centralina meteo di riferimento, una classe di stabilità atmosferica D ed una tipologia di suolo “urbano”.

Nella figura n. 4 viene riportato il diagramma della frequenza del vento in relazione all’intensità ed alla direzione di provenienza.

Figura 4 – Diagramma della frequenza del vento annuale per intensità e direzione di provenienza, espresso in %



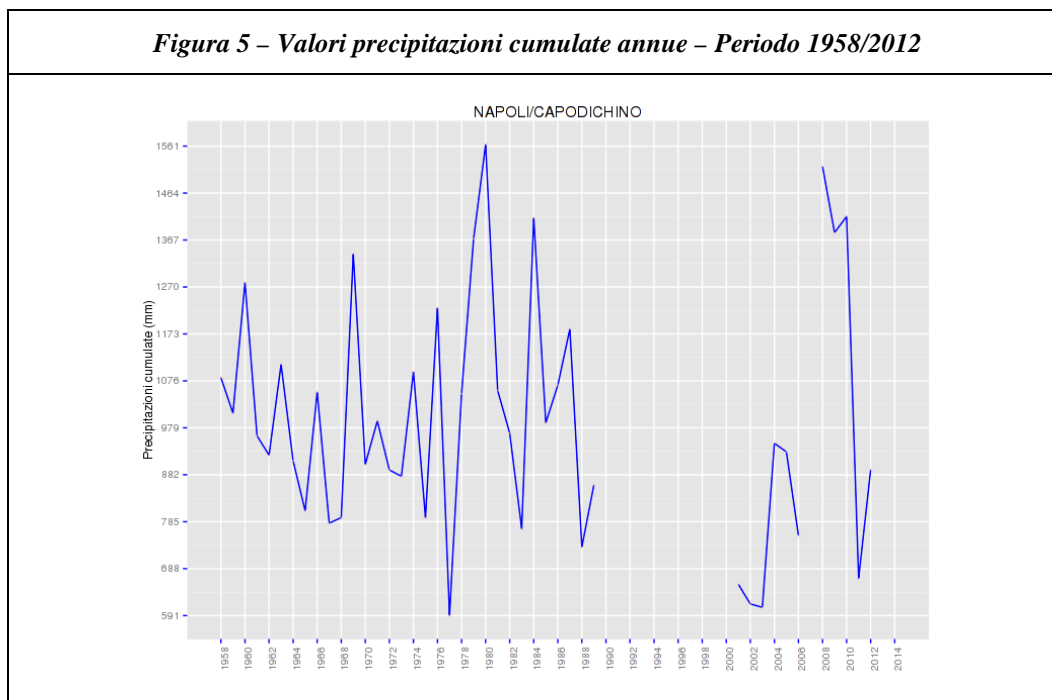
Nella Tabella 7 vengono riportati i valori utilizzati per l’elaborazione dello stesso. La direzione principale di provenienza del vento è S-SW

Tabella 7 – Percentuali delle frequenze dell’intensità del vento, per l’elaborazione diagramma anemometrico

Intensità (m/s)		CALM	0.5 – 3.0	3.0 – 5.0	5.0 – 10.0	> 10.0
Frequenze espresse in %	Settore 1	2.31	2.82	1.21	0.50	0.18
	Settore 2	2.31	2.74	1.60	1.40	0.17
	Settore 3	2.31	1.72	1.49	1.73	0.17
	Settore 4	2.31	1.28	0.83	0.79	0.04
	Settore 5	2.31	0.30	0.05	0.03	0.01
	Settore 6	2.31	0.26	0.06	0.04	0.00
	Settore 7	2.31	0.37	0.18	0.14	0.03
	Settore 8	2.31	2.18	1.85	1.50	0.12
	Settore 9	2.31	2.36	2.56	1.87	0.07
	Settore 10	2.31	2.57	2.54	1.83	0.10
	Settore 11	2.31	1.32	0.98	0.83	0.09
	Settore 12	2.31	1.85	1.35	1.38	0.16
	Settore 13	2.31	1.24	0.94	0.74	0.06
	Settore 14	2.31	2.02	0.91	0.39	0.01
	Settore 15	2.31	2.60	0.56	0.13	0.01
	Settore 16	2.31	4.38	1.07	0.24	0.05

In Allegato 4 si riportano i valori della serie storica di velocità media del vento nel periodo 1968-1998.

Nella Figura 5 viene rappresentato l’andamento delle precipitazioni cumulate annue nel periodo 1958-2012, mentre in allegato 4 si riportano i corrispondenti valori annuali. Il valore utilizzato ai fini dell’implementazione dell’analisi di rischio è **1.561 mm/anno**, corrispondente al massimo rilevato.



3.2.2 Parametri di idrogeologia locale

Dall’analisi dei dati di campo e dallo studio della bibliografia, in riferimento alla Carta Geologica d’Italia, Foglio 184 “Napoli”, emerge che i complessi geo-litologici presenti nell’area oggetto di studio risultano caratterizzati da una potente successione piroclastico-alluvionale, con intercalazioni di sedimenti marini e di transizione, i cui orizzonti principali sono rappresentati dai banchi di lave del Somma, dal Tufo Giallo Napoletano (TGN), dai tufi legati all’attività del Somma-Vesuvio d’epoca storica.

I termini di origine vulcanica sono costituiti da tufi e lave di provenienza vesuviana e da tufi e lave di origine flegrea. I tufi presentano caratteristiche di litificazione molto diverse. In alcune perforazioni eseguite nel sottosuolo è stato riconosciuto il Tufo Giallo Napoletano, proveniente dai centri eruttivi dei Campi Flegrei.

I materiali costituenti il territorio possono essere suddivisi in tre differenti gruppi: lave, materiali piroclastici lapidei e materiali piroclastici sciolti.

D’interesse specifico per il presente lavoro sono i sedimenti quaternari recenti ed attuali, di origine alluvionale, palustre e marina, presenti nella vallata del Fosso Volla, sui quali sorge il sito in esame. Si tratta di sedimenti di bassa energia, prevalentemente fini (sabbie, limi ed argille), con componente organica di norma abbondante e caratterizzati da una ricca matrice coesiva.

Dal punto di vista idrogeologico, l’area è caratterizzata dalla presenza di unità che ricalcano la struttura geologica. In particolare sono individuabili due differenti unità: l’unità idrogeologica Flegrea e l’unità idrogeologica Vesuviana. Entrambe presentano un elevato interesse dal punto di vista delle risorse idriche sotterranee e costituiscono acquiferi molto complessi, impostati nelle successioni piroclastiche e laviche.

Dall'andamento isopiezometrico delle due unità emerge che le due strutture idriche sono caratterizzate da un andamento di tipo pressoché centrifugo e massimi piezometrici in corrispondenza del rilievo Flegreo e rilievo Vesuviano.

In particolare, in corrispondenza dell'area di interesse (valle del Fosso Volla), si evidenzia un andamento piezometrico maggiormente determinato dall'effetto drenante dell'elemento idrografico, e comprovato dalla profonda deflessione verso monte delle linee piezometriche. Inoltre, si evidenzia la presenza di fitte intercalazioni tra sedimenti alluvionali e materiali tuffitici e lavici, che costituiscono l'acquifero multistrato in oggetto. La serie risulta così costituita da una alternanza di orizzonti permeabili ed impermeabili, all'interno della quale si susseguono livelli acquiferi aventi comportamenti idrodinamici con artesianesimo crescente con la profondità.

L'attività di monitoraggio ambientale del sottosuolo, eseguita nell'ambito dell'intervento di esecuzione dei sondaggi, ha permesso di ricostruire l'assetto litostratigrafico locale del sottosuolo che viene di seguito sintetizzato:

- da 0,00 a 4,00 m da p.c.: terreno di riporto costituito da clasti di varia natura, lateritici e carbonatici, da sub-centimetrici a centimetrici, immersi in matrice sabbiosa grossolana di colore grigio, marrone e talora giallastra. Man mano che si procede verso il basso aumenta la matrice sabbiosa;
- da 4,00 a 10,00 m da p.c.: sabbia prevalentemente medio-fine a luoghi limosa, piuttosto omogenea, di colore grigio scuro.

L'acquifero intercettato è posto ad una profondità media di 3-3,50 m dal piano del piazzale d'ingresso scoperto, (Allegato 5).

La direzione di flusso preferenziale è da Nord-Ovest verso Sud-Est con un gradiente medio dell'ordine di 0,10%.

Al termine delle attività di perforazione sono state eseguite delle prove di Slug test al fine di determinare la conducibilità idraulica dell'acquifero.

Le prove sono state eseguite nei piezometri S1P, S3P, S4P, S5P. I dati così ricavati sono stati interpretati mediante l'equazione di Bouwer & Rice (1976): in Tabella 8 si riportano i valori di conducibilità riscontrati. Il valore medio di permeabilità è di circa $2,273 \cdot 10^{-4}$ m/s. In Allegato 6 sono riportate le schede di calcolo del coefficiente di permeabilità dei 4 piezometri.

Tabella 8 - Risultati delle prove slug test con i relativi valori di conducibilità idraulica		
Piezometro	Modello acquifero	K
S1P	Non confinato	$4,94 \cdot 10^{-4}$
S3P	Non confinato	$2,14 \cdot 10^{-4}$

S4P	Non confinato	1,66x10 ⁻⁴
S5P	Non confinato	3,52x10 ⁻⁴

I dati chimico-fisici raccolti durante l'indagine di caratterizzazione sui 4 piezometri sono sintetizzati in Tabella 9.

Piezometro	Temperatura(°C)	pH	Conducibilità (mS)	Ossigeno disciolto (%)	Potenziale RedOx (mV)
S1P	18,86	6,93	1,485	6,93	-119,8
S3P	19,45	7,11	1,49	6	-111,8
S4P	19,71	7,3	1,108	7,5	-120,6
S5P	20,07	7,2	1,107	6,9	-115,4

3.2.3 Granulometria/tessitura del suolo

Le analisi granulometriche sono state eseguite secondo lo standard ASTM D422-98. Nella Tabella 10 è riportato: il sondaggio, la profondità di prelievo, il peso specifico medio e la descrizione litologica dei campioni.

Sondaggio	Profondità (m)	γ_s	Descrizione
S1P	N.P.	N.P.	N.P.
S3P	4.00	2,48	Sabbia debolmente ghiaiosa debolmente limosa
S4P	N.P.	N.P.	N.P.
S5P	5.00	2,58	Sabbia con limo debolmente argillosa debolmente ghiaiosa

I dati dei risultati delle prove granulometriche indicano che si tratta nel complesso di materiale eterogeneo, costituito prevalentemente da circa l' 80% da sabbia con una percentuale di circa il 10 % da frazione secondaria (ghiaia e limo) .

I terreni saturi campionati risultano prevalentemente come sabbia con limo. In allegato 6 si riportano i relativi certificati.

3.2.4 Tabella parametri sito specifici

In base al modello concettuale attivato, vengono riportati i parametri richiesti dal software Risk-net ed i relativi valori implementati, selezionati in base a quanto previsto dai “Criteri metodologici per

l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati” e dal “Documento di riferimento per la determinazione e la validazione dei parametri sito-specifici utilizzati nell'applicazione dell'analisi di rischio ai sensi del DLgs 152/06” elaborati da APAT-ARPA-ISS-ISPEL.

Tabella 11 – Parametri sito specifici sorgente suolo superficiale

Simbolo	Parametro	Unità di misura	Valore di default doc. APAT	Valore utilizzato
L_{GW}	Profondità del piano di falda	cm	300	300
L_s (SS)	Profondità del top della sorgente nel suolo superficiale rispetto al p.c.	cm	0	0
L_s (SP)	Profondità del top della sorgente nel suolo profondo rispetto al p.c.	cm	100	100
d	Spessore della sorgente nel suolo superficiale (insaturo)	cm	100	100
d_s	Spessore della sorgente nel suolo superficiale (insaturo)	cm	200	200
d_a	Spessore della falda	cm	-----	3500
W	Estensione della sorgente nella direzione del flusso di falda	cm	4500	2600
S_w	Estensione della sorgente nella direzione ortogonale a quella del flusso di falda	cm	4500	5100
ρ_s	Densità del suolo	g/cm ³	1.7	2,48
I_{ef}	Infiltrazione efficace	cm/anno	30	4,39
pH	pH del suolo	adim.	6.8	6.8
foc	Frazione di carbonio organico	g-C/g-suolo	0.001	0.001
K_{sat}	Conducibilità idraulica del terreno saturo	m/s	-----	$1,66 \times 10^{-4}$
i	Gradiente idraulico	adim.	-----	0.003

Tabella 12 – Parametri sito specifici “sorgente falda”

Simbolo	Parametro	Unità di misura	Valore di default doc. APAT (tab. 5.2)	Valore utilizzato
L_{GW}	Profondità del piano di falda	cm	300	300
W'	Estensione della sorgente di contaminazione nella direzione principale del vento	cm	4500	6100
ρ_s	Densità del suolo	g/cm ³	1.7	2.48
pH	pH del suolo	adim.	6.8	6.8

foc	Frazione di carbonio organico	g-C/g-suolo	0.001	0.001
U_{air}	Velocità del vento	cm/s	225	100
Lcrack	Spessore delle fondazioni (muri)	cm	15	15
Lb	Rapporto tra volume indoor ed area di infiltrazione (IND.)	cm	300	300
Zcrack	Profondità delle fondazioni	cm	15	15

Le considerazioni effettuate ai fini della scelta dei valori dei parametri indicati nelle tabelle n. 11 e 12 sono:

- le dimensioni delle sorgenti rispetto alle direzioni del vento e della falda sono le massime così come evidenziato nelle Figure n. 6 e n. 7;
- per la soggiacenza delle falda è stato selezionato il valore minimo;
- come densità del suolo è stato inserito il valore maggiore;
- la velocità del vento è stata selezionata considerando il valore minore tra quelli riportati nell'allegato 4, un suolo “urbano” ed una classe di stabilità D;
- l’infiltrazione efficace è stata calcolata a partire dal massimo dei valori di piovosità media annua indicati nell’Allegato 4;
- la tessitura del suolo insaturo è stata assimilata ad una sabbia;
- come valore di conducibilità idraulica è stato considerato il minimo.

Relativamente alla scelta dei contaminanti:

- Ferro, Manganese, Piombo, Floruri e IPA in falda non sono stati inseriti in quanto non volatili;
- per gli Idrocarburi non essendo stata effettuata una speciazione degli stessi, si è proceduto selezionando la frazione più cautelativa rispetto ai percorsi di esposizione attivati: Alifatici C5-C8.

Figura 6 – Dimensioni della sorgente in falda rispetto alla direzione principale del vento



Figura 7 – Dimensioni della sorgente in falda rispetto alla direzione principale del vento



3.2.5 Parametri di default

Per tutti i parametri non determinati in fase di caratterizzazione ambientale, i valori inseriti corrispondono a quelli di default ISPRA.

4. RISULTATI

Suolo superficiale

L’elaborazione dell’analisi di rischio per la valutazione del rischio da lisciviazione dal suolo superficiale ha indicato:

- *Rischio accettabile per la risorsa idrica*

Nella Figura 8 si riporta parte della schermata del software risk-net relativa al calcolo del rischio.

Figura 8 – Valori del Rischio suolo superficiale

Contaminanti	CRS [mg/kg s.s.]	CRS soil-gas [mg/m ³]	Fatt. di Correzione (f) [adim]	CRS ridotta suolo [mg/kg s.s.]	CRS ridotta soil-gas [mg/m ³]	Rischio Cancerogeno (R)	Indice di Pericolo (HI)	Rischio risorsa idrica (RGW)	CSC Residenziale [mg/kg s.s.]
Benzo(a)antracene	2,11E+01	---		2,11E+01	---	---	---	3,13E-02	5,00E-01
Benzo(a)pirene	1,99E+01	---		1,99E+01	---	---	---	8,95E-02	1,00E-01
Benzo(b)fluorantene	2,94E+01	---		2,94E+01	---	---	---	1,29E-02	5,00E-01
Benzo(k)fluorantene	3,58E+01	---		3,58E+01	---	---	---	3,22E-02	5,00E-01
Benzo(g,h,i)perilene	2,75E+01	---		2,75E+01	---	---	---	4,58E-02	1,00E-01
Indenopirene	2,55E+01	---		2,55E+01	---	---	---	3,45E-03	1,00E-01

Suolo profondo

L’elaborazione dell’analisi di rischio per la valutazione del rischio da lisciviazione dal suolo profondo ha indicato:

- *Rischio accettabile per la risorsa idrica*

Nella Figura 9 si riporta parte della schermata del software risk-net relativa al calcolo del rischio.

Figura 9 – Valori del Rischio suolo profondo

Contaminanti	CRS [mg/kg s.s.]	CRS soil-gas [mg/m ³]	Fatt. di Correzione (f) [adim]	CRS ridotta suolo [mg/kg s.s.]	CRS ridotta soil-gas [mg/m ³]	Rischio Cancerogeno (R)	Indice di Pericolo (HI)	Rischio risorsa idrica (RGW)
Benzo(a)antracene	2,11E+01	---		2,11E+01	---	---	---	9,40E-02
Benzo(a)pirene	1,99E+01	---		1,99E+01	---	---	---	2,69E-01
Benzo(b)fluorantene	2,94E+01	---		2,94E+01	---	---	---	3,88E-02
Benzo(k)fluorantene	3,58E+01	---		3,58E+01	---	---	---	9,65E-02
Benzo(g,h,i)perilene	2,75E+01	---		2,75E+01	---	---	---	1,37E-01
Indenopirene	2,55E+01	---		2,55E+01	---	---	---	1,03E-02

Falda

L’elaborazione dell’analisi di rischio in modalità diretta per la valutazione dell’esposizione ai contaminanti presenti nel sito in esame ha evidenziato per la falda:

- Indice di pericolo non accettabile per inalazione vapori indoor e outdoor per Alifatici C5-C8.

Nella Figura 10 si riporta parte della schermata del software risk-net relativa al calcolo del rischio, i valori evidenziati in arancione indicano un valore non accettabile per il rischio e per l’indice di pericolo.

Figura 10 – Valori del Rischio e dell’Indice di Pericolo falda

Contaminanti	CRS [mg/L]	CRS soil-gas [mg/m ³]	Fatt. di Correzione (f) [adim]	CRS ridotta falda [mg/L]	CRS ridotta soil-gas [mg/m ³]	Rischio Cancerogeno (R)	Indice di Pericolo (HI)	Rischio risorsa idrica (RGW)	CSC D.Lgs 152/06 [mg/L]
Alifatici C5-C8	6,06E+01	---		6,06E+01	---	---	1,09E+02	NA	3,50E-01
Benzene	4,80E-02	---		4,80E-02	---	2,46E-07	2,94E-03	NA	1,00E-03
1,1-Dicloroetilene	1,00E-04	---		1,00E-04	---	---	3,92E-06	NA	5,00E-05
Tribromometano (Bromofornio)	1,03E-03	---		1,03E-03	---	---	1,67E-06	NA	3,00E-04
Toluene	5,50E-04	---		5,50E-04	---	---	2,07E-07	NA	1,50E-02
p-Xilene	2,76E-02	---		2,76E-02	---	---	4,75E-04	NA	1,00E-02
1,1,2-Tricloroetano	4,20E-04	---		4,20E-04	---	6,63E-10	5,81E-04	NA	2,00E-04
1,2,3-Tricloropropano	7,00E-06	---		7,00E-06	---	---	2,67E-06	NA	1,00E-06
1,2-Dibromoetano	2,40E-05	---		2,40E-05	---	8,11E-10	4,21E-07	NA	1,00E-06

L’elaborazione dell’analisi di rischio in modalità inversa ha portato all’individuazione delle CSR nel suolo superficiale, nel suolo profondo ed in falda per quanto riguarda il rispetto del rischio sanitario. Attraverso i fattori di correzione sono state calcolate le CSR per tutti i contaminanti ai fini del rispetto dell’Indice di Pericolo cumulato.

Figura 11 – Valori delle CSR per il suolo superficiale

Contaminanti	CSR individuale [mg/kg s.s.]	Fatt. di Correzione (f) [adim]	CSR suolo superficiale [mg/kg s.s.]	CSR suolo superficiale [mg/kg T.Q.]	Rischio cancerogeno (R)	Indice di pericolo (HI)	Rischio Risorsa Idrica (RGW)
Benzo(a)antracene	6,72E+02		6,72E+02	6,53E+02	---	---	1,00E+00
Benzo(a)pirene	2,23E+02		2,23E+02	2,17E+02	---	---	1,00E+00
Benzo(b)fluorantene	2,27E+03		2,27E+03	2,21E+03	---	---	1,00E+00
Benzo(k)fluorantene	1,11E+03		1,11E+03	1,08E+03	---	---	1,00E+00
Benzo(g,h,i)perilene	6,00E+02		6,00E+02	5,83E+02	---	---	1,00E+00
Indenopirene	7,40E+03		7,40E+03	7,20E+03	---	---	1,00E+00

Figura 12 – Valori delle CSR per il suolo profondo

Contaminanti	CSR individuale [mg/kg s.s.]	Fatt. di Correzione (f) [adim]	CSR suolo profondo [mg/kg s.s.]	CSR suolo profondo [mg/kg T.Q.]	Rischio Cancerogeno (R)	Indice di Pericolo (HI)	Rischio risorsa idrica (RGW)
Benzo(a)antracene	2,24E+02		2,24E+02	2,18E+02	---	---	1,00E+00
Benzo(a)pirene	7,43E+01		7,43E+01	7,22E+01	---	---	1,00E+00
Benzo(b)fluorantene	7,58E+02		7,58E+02	7,37E+02	---	---	1,00E+00
Benzo(k)fluorantene	3,71E+02		3,71E+02	3,61E+02	---	---	1,00E+00
Benzo(g,h,i)perilene	2,00E+02		2,00E+02	1,94E+02	---	---	1,00E+00
Indenopirene	2,47E+03		2,47E+03	2,40E+03	---	---	1,00E+00

Figura 13 – Valori delle CSR per la Falda

Contaminanti	CSR individuale [mg/l]	Fatt. di Correzione (f) [adim]	CSR falda [mg/l]	Rischio Cancerogeno (R)	Indice di Pericolo (HI)	CSC D.Lgs 152/06 [mg/l]
Alifatici C5-C8	5,57E-01	1,08E+00	5,16E-01	---	9,26E-01	3,50E-01
Benzene	1,95E-01		1,95E-01	1,00E-06	1,20E-02	1,00E-03
1,1-Dicloroetilene	2,55E+01	1,00E+02	2,55E-01	---	1,00E-02	5,00E-05
Tribromometano (Bromoformio)	6,17E+02	1,00E+02	6,17E+00	---	1,00E-02	3,00E-04
Toluene	2,65E+03	1,00E+02	2,65E+01	---	1,00E-02	1,50E-02
p-Xilene	5,81E+01	1,00E+02	5,81E-01	---	1,00E-02	1,00E-02
1,1,2-Tricloroetano	6,33E-01	1,00E+02	6,33E-03	1,00E-08	8,76E-03	2,00E-04
1,2,3-Tricloropropano	2,62E+00	1,00E+02	2,62E-02	---	1,00E-02	1,00E-06
1,2-Dibromoetano	2,96E-02		2,96E-02	1,00E-06	5,19E-04	1,00E-06

On-site	R tot	HI tot
Outdoor	3,23E-07	1,03E-01
Indoor	2,01E-06	9,97E-01
Off-site	R tot	HI tot
Outdoor	---	---
Indoor	---	---

5. CONCLUSIONI

L'applicazione dell'analisi di rischio in modalità diretta ha indicato la presenza di rischio non accettabile da inalazione indoor ed outdoor da falda per Idrocarburi per il bersaglio lavoratore on site.

Inoltre, al punto di conformità non risultano rispettate le concentrazioni soglia di contaminazione nelle acque sotterranee per tutte le sostanze di cui alla tabella n. 4. Le acque sotterranee, pertanto, devono ritenersi contaminate e si rende necessario, secondo quanto previsto dal D.Lgs. 152/2006 e s.m.i, attuare idonei interventi di bonifica ai fini del raggiungimento delle CSC per tutti gli analiti per cui sono risultati superamenti e la cui presenza non sia riconducibile alle caratteristiche geochimiche dell'area e/o a valori di fondo accertati dall'Autorità Competente.

Tuttavia è necessario effettuare alcune considerazioni in merito ai risultati ottenuti, ai fini della scelta delle soluzioni più efficaci per gli interventi da attuare:

- dalla fase di caratterizzazione ambientale del sito è intercorso un considerevole lasso di tempo (circa 9 anni);
- mancano analisi di speciazione degli idrocarburi e pertanto tutta la contaminazione è stata associata alla frazione più critica dal punto di vista della presenza di rischio sanitario con conseguente sovrastima dello stesso;
- le equazioni utilizzate nell'applicazione dell'analisi di rischio di Livello 2 portano spesso ad una sovrastima del rischio e ad una sottostima delle CSR associate al percorso di volatilizzazione;
- la falda del SIN di Napoli Orientale risulta notevolmente compromessa per contaminazione da idrocarburi ed organici clorurati;
- la presenza di Ferro, Manganese e Fluoruri nelle acque sotterranee potrebbe essere legata alle caratteristiche geochimiche dell'area;
- il piezometro a monte idrogeologico presenta una contaminazione più significativa rispetto ai piezometri di valle;
- nella Conferenza di Servizi decisoria del 31/05/2016 è stata approvata la prima fase attuativa del Progetto Definitivo di Bonifica della Falda del SIN di Napoli Orientale.

Un intervento di bonifica limitato all'area in esame potrebbe, pertanto, non essere risolutivo rispetto all'effettiva rimozione della contaminazione rilevata.

In ogni caso, ai fini della tutela della salute umana dei lavoratori presenti nel sito, si ritiene che debbano essere intraprese le seguenti azioni:

1. verifica di presenza di prodotto surnatante, in corrispondenza dei piezometri in cui sono stati rilevati elevati valori di idrocarburi (S4P), con eventuale intervento di rimozione dello stesso e ricerca dei fenomeni all'origine di valori di concentrazione di tale entità;

2. esecuzione di una campagna di monitoraggio delle acque sotterranee, secondo il “Protocollo Operativo per la Campagna Coordinata del Monitoraggio delle acque di falda per il Sito di Interesse Nazionale (SIN) “Napoli Orientale” approvato in Conferenza di Servizi decisoria del 16/12/2014, al fine di: verificare l’attuale stato di contaminazione e di rilevare le effettive classi idrocarburiche presenti attraverso analisi di speciazione, verificare i valori di fondo e valutare la distribuzione spazio-temporale della contaminazione ;
3. sulla base degli esiti della prima campagna di monitoraggio, misure dei vapori provenienti dalla falda per la verifica del rischio di inalazione e per la valutazione dell’efficacia – efficienza delle eventuali misure di prevenzione e degli eventuali interventi di bonifica da attuare;
4. attuazione di misure di mitigazione del rischio, qualora confermato in seguito alle nuove indagini;
5. intervento di bonifica relativamente alla contaminazione rilevata nel suolo saturo in corrispondenza del sondaggio S3P, dati gli elevati valori di concentrazione degli idrocarburi rinvenuti.

Si ritiene necessario, inoltre:

- procedere, in relazione all’intera area del SIN di Napoli Orientale, con l’accertamento delle effettive sorgenti primarie della contaminazione, qualora ancora presenti;
- implementare una nuova analisi di rischio in caso di modifiche allo scenario attuale quali ad esempio: costruzione di edifici, cambio di destinazione d’uso, ecc.

6. BIBLIOGRAFIA

- "Criteri metodologici l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati"; APAT ISPRA 2008;
- Documento di riferimento per la determinazione e la validazione dei parametri sito-specifici utilizzati nell'applicazione dell'analisi di rischio ai sensi del D.lgs. 152/06 elaborati da APAT-ARPA-ISS-ISPES;
- Documento di supporto alla Banca dati ISS-INAIL (Marzo 2015);
- Linee guida sull'analisi di Rischio ai sensi del D.lgs. 152/2006 (Novembre 2014);
- Piano della Caratterizzazione ai sensi del D.M. 471/99 del sito “Officine Comunali Brin”, redatto da ARPAC;
- Integrazioni al Piano della Caratterizzazione ai sensi del D.M. 471/99, redatte da ARPAC in ottobre 2005;
- Rapporto Tecnico Conclusivo delle Indagini di Caratterizzazione Ambientale ai sensi dell'ex D.M. 471/99 del sito “Officine Comunali Brin”, redatto dall'A.T.I. costituita da ENSR Italia Srl, TECNO-IN e LAB ANALYSIS.