



Agenzia Regionale Protezione Ambientale Campania



**Analisi di Rischio sito specifica ai sensi del D.Lgs. 152/06 del sito
Ex Mattatoio Comunale – Via Trivicillo
Comune di San Nicola la Strada (CE)**

Novembre 2015

Analisi di Rischio sito specifica dell’area di proprietà Comunale
“ex Mattatoio Comunale”
Comune di San Nicola La strada (Ce)

| | |
|--|----|
| PREMESSA..... | 5 |
| 1 RACCOLTA DATI ESISTENTI..... | 6 |
| 1.1 Descrizione sito..... | 6 |
| 1.2 Risultati delle indagini ambientali | 8 |
| 1.2.1 Indagini dirette | 8 |
| 1.2.2 Risultati analisi chimiche | 10 |
| 2 METODOLOGIA DELL’ANALISI DI RISCHIO SANITARIO-AMBIENTALE | 14 |
| 2.1 Rischio: definizione e accettabilità | 15 |
| 3 ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA..... | 17 |
| 3.1 Modello Concettuale Sito Specifico | 17 |
| 3.2 Parametri sito-specifici | 18 |
| 3.2.1 Parametri meteo climatici | 18 |
| 3.2.2 Parametri di idrogeologia locale | 22 |
| 3.2.3 Granulometria/Tessitura del Terreno | 23 |
| 3.2.4 Tabella Parametri sito specifici..... | 24 |
| 3.2.2 Parametri di default..... | 28 |
| 4 RISULTATI..... | 29 |
| 5 CONCLUSIONI..... | 32 |
| 6 BIBLIOGRAFIA | 34 |


ALLEGATI

1. **convenzione**
2. **certificato di destinazione urbanistica**
3. **certificati analitici suoli**
4. **certificati analitici acque di falda**
5. **descrizione stratigrafica**
6. **carta isopiezometrica**
7. **slug test**
8. **analisi granulometriche**
9. **files di risk-net**

Gruppo di lavoro

Dott. Geol. Antonio di Donna 

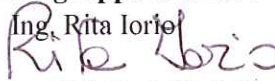
Arch. Giovanni Stellato 

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 “ex Mattatoio Comunale” nel comune di San Nicola La Strada (CE).

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"*.

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

Il sito è ubicato nel settore centro orientale del Comune di San Nicola la Strada al confine con il Comune di Caserta e con l'area ASI Lo Uttaro ed è catastalmente identificato al foglio n. 3 particella 385 e risulta di proprietà del Comune di San Nicola la Strada. L'area è delimitata a sud da Via dei Mille, ad est da Via Paul Harris (su cui si apriva l'ingresso principale) e da un terreno agricolo ad Ovest e a Nord (Figura 1, Figura 2).

Figura 1 – Ubicazione Mattatoio di San Nicola la Strada. Foto tratta da Google Earth, anno 2006.



Figura 2 – Ubicazione Mattatoio di San Nicola la Strada. Foto tratta da Google Earth, anno 2014.



Il sito è stato usato nel periodo 1970-1980 come mattatoio comunale; successivamente è stato oggetto di ristrutturazione con la modifica in pianta di alcuni corpi e con la costruzione del depuratore nel settore Nord del sito, tuttavia risulta che in questa nuova configurazione non sia mai effettivamente entrato in funzione.

Dal 1990 è stato usato per circa un decennio come deposito di materiali e di automezzi fino alla definitiva dismissione. Parallelamente una porzione è stata usata come canile municipale fino ad alcuni anni fa.

L'intera area del sito è di circa 2.450 mq di cui circa 600 mq erano occupati dai fabbricati. La restante parte scoperta si presentava pavimentata con asfalto. In particolare, in base alle planimetrie fornite dal Comune di San Nicola la Strada, erano individuabili i seguenti fabbricati:

- Edificio A – superficie circa 400 mq; vi si svolgeva l'attività di macellazione e vi erano i locali per il lavaggio e la tripperia;
- Edificio B – superficie circa 75 mq; era l'edificio che negli ultimi anni era stato adibito a canile municipale; nella fascia settentrionale dell'edificio erano presenti altri locali molto deteriorati il cui uso preciso non è stato possibile determinare;
- Edificio C – superficie circa 125 mq; vi si facevano sostare i bovini e i suini prima di avviarli alla sala macellazione oltre alla presenza di alcuni locali adibiti probabilmente ad uffici;
- Vasche interrato dell'impianto di trattamento delle acque reflue; era costituito da una vasca interrata coperta: in base ai dati raccolti questo impianto fu costruito intorno al 1980-1990, e non entrò mai in funzione essendo stata dismessa l'attività di macellazione.

In data 28/02/2005 prot. 2395 è stato presentato al Comune da parte del Consorzio “Settore Urbano Appia Nord” il Progetto Generale della Scuola Media da 24 classi da realizzarsi nel Comparto “Appia Nord”. Con Delibera di Giunta Comunale n° 77 del 05/05/2005 è stato infine approvato il Progetto Generale di una Scuola Media da 24 Classi da Realizzarsi nel Comparto “Appia Nord”, comprendente anche l'area dell'ex macello.

Pertanto gli edifici sono stati abbattuti dopo le indagini di caratterizzazione e l'intero sito fa parte di una più ampia area destinata ad attrezzature sportive.

Attualmente sull'area di sedime degli stessi è stata realizzata una struttura sportiva aperta (25x15 m) realizzata con massetto di cls di spessore 15 cm e a servizio dell'adiacente scuola (Fig. 2). La restante parte del sito (corrispondente al vecchio piazzale del mattatoio) presenta ancora la pavimentazione in asfalto con evidenti segni di degrado.

L'intero sito è recintato con muretto e sovrastante rete metallica ed è accessibile solo dalla scuola. L'area dell'ex macello dista 15 mt circa dall'edificio scolastico.

Nelle intenzioni dell’Amministrazione Comunale è prevista la realizzazione di un struttura sportiva chiusa per la quale al momento non esiste alcun progetto.

Secondo il Piano Regolatore Generale del Comune di San Nicola La Strada, approvato con decreto del Presidente della Giunta Regionale della Campania n° 13336 del 10/09/1990, l’area in oggetto è classificata come zona F5 – “Attrezzature e servizi pubblici di proprietà comunale”: tale zona comprende le aree destinate a spazi, attrezzature e servizi di interesse comunale e sovracomunale, nonché quelle destinate alla realizzazione e gestione degli impianti tecnici, tecnologici, distributivi e di trasporto. 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 “Mattatoio Comunale ” nel Comune di San Nicola La Strada (CE)” e successive “Integrazioni al Piano della Caratterizzazione ai sensi del D.M. 471/99 dello stesso sito 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.

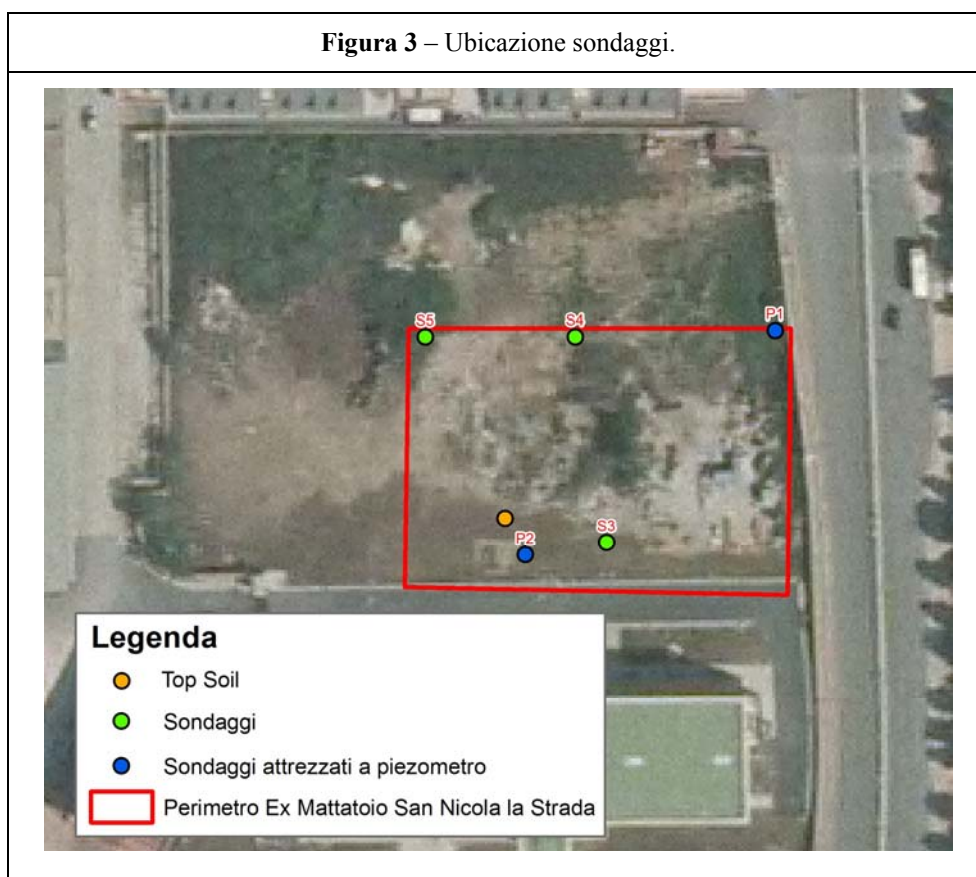
1.2.1 Indagini dirette

In accordo alle indicazioni contenute nella normativa vigente, secondo quanto stabilito nel PdC, ed in relazione ai risultati delle indagini georadar, l’indagine ambientale condotta ha previsto la realizzazione di:

- n° 5 sondaggi geognostici a carotaggio continuo (P1, P2, S3, S4 e S5) spinti sino alla profondità di 10 metri da p.c.
- n° 2 sondaggi (P1 e P2) attrezzati a piezometro da 4” e spinti fino alla profondità di 40 m da p.c.

In Figura 3 è riportata la planimetria del sito con ubicazione dei punti di indagine realizzati.

Figura 3 – Ubicazione sondaggi.



Di seguito si riporta una tabella di riepilogo delle coordinate rilevate per ciascun punto di indagine espresse in UTM 33T WGS84, (Tabella 1).

| Tabella 1 – Coordinate geografiche punti di prelievo | | |
|---|----------|----------|
| Sigla sondaggio | Coord. X | Coord. Y |
| P1 | 444656 | 4545083 |
| P2 | 444616 | 4545047 |
| S3 | 444629 | 4545049 |
| S4 | 444624 | 4545082 |
| S5 | 444600 | 4545082 |
| TS | 444613 | 4545053 |

1.2.2 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. 25 campioni di terreno (escluso n° 1 duplicato anonimo di campo) di cui
 - un campione rappresentativo dei terreni superficiali (0-1 m di profondità da p.c.)
 - un campione prelevato tra 1 e 3 m da p.c.
 - un campione prelevato tra 4 e 6 m da p.c.
 - un campione prelevato tra 7 e 9 m da p.c.
 - un campione rappresentativo del fondo foro (9-10 m di profondità da p.c.)
- n° 2 campioni di acqua di falda.

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

- Composti inorganici (Arsenico, Cadmio, Cromo Totale, Cromo VI, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame, Zinco, Fluoruri e Cianuri);
- Composti Organici Aromatici (Benzene, Etilbenzene, Toluene, Xilene e Stirene);
- Aromatici Policiclici: (Benzo(a)antracene, Benzo(a)pirene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(g,h,i)perilene, Crisene, Dibenzo(a)pirene, Dibenzo(a,l)pirene, Dibenzo(a, i)pirene, Dibenzo(a,h)pirene, Dibenzo(a,h)antracene, Indeno (1,2,3-c,d)pirene, Pirene);
- Fenoli non clorurati (Metilfenolo, Fenolo);
- Fenoli clorurati (2-clorofenolo, 2,4-clorofenolo, 2,4,6-clorofenolo, pentaclorofenolo);
- Idrocarburi (Leggeri C<12 e Pesanti C>12);
- Alifatici clorurati cancerogeni;
- Alifatici alogenati cancerogeni;
- Clorobenzeni;
- PCB (sul 40% dei campioni di Top Soil intesi come campioni superficiali e sul Campione Top Soil p.d.)
- Diossine e furani (sul 50% dei campioni di Top Soil intesi come campioni superficiali e sul Campione Top Soil p.d.);
- Amianto (su tutti i campioni di Top Soil intesi come campioni superficiali e sul Campione Top Soil p.d.).

Per le acque di falda sono state eseguite analisi di laboratorio finalizzate alla ricerca di:

- Composti inorganici (Alluminio, Antimonio, Argento, Arsenico, Boro, Berillio, Cadmio, Cobalto, Cromo Totale, Cromo VI, Ferro, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame, Selenio, Manganese, Tallio, Zinco, Fluoruri, Nitriti, Solfati e Cianuri liberi);
- 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(g,h,i)perilene, Crisene, Dibenzo(a,h)antracene, Indeno(1,2,3-c,d)pirene e Pirene); Fenoli clorurati;
- Fenoli clorurati (2-clorofenolo, 2,4-clorofenolo, 2,4,6-clorofenolo, pentaclorofenolo);
- Parametro “n-esano”
- Alifatici clorurati cancerogeni;
- Alifatici clorurati non cancerogeni;
- Clorobenzeni.

I certificati analitici di laboratorio con i risultati delle analisi chimiche eseguite sui campioni di terreno sono inclusi nell’Allegato 3. I certificati analitici di laboratorio con i risultati delle analisi chimiche eseguite sui campioni di acqua di falda sono inclusi nell’Allegato 4.

Campioni di Suolo superficiale

Confrontando i risultati delle determinazioni analitiche effettuate sui campioni di suolo superficiale con le CSC (Allegato 5 Tabella 1 - Col. A del D.Lgs.152/06), risulta che il sito è interessato da una contaminazione dovuta a Diossine e Furani sui Top Soil intesi sia come campione superficiale (0–1,00 m) di ogni sondaggio, che come campione prelevato in aree non pavimentate, a diclorometano ed a triclorometano. Nella Tabella 2 si riportano i superamenti delle CSC riscontrati nei campioni di suolo superficiale.

| Tabella 2 - Superamenti delle CSC nei campioni di suolo superficiale | | | | | | | |
|---|----------------|----------------|-------------------|----------------------|----------------------|---------------|----------------|
| Dlgs 152/06, Parte IV, titolo V, All. 5, tab.1, Col. A mg/kg | | | | | 1×10^{-5} | 0,1 | 0,1 |
| <i>Sond</i> | <i>Coord_X</i> | <i>Coord_Y</i> | <i>Profondità</i> | <i>Data prelievo</i> | Somm. PCDD - PCDF | Diclorometano | Triclorometano |
| S3 | 444629 | 4545049 | 0,00 – 1,00 m | 16/04/2008 | $1,2 \times 10^{-5}$ | | |
| S4 | 444624 | 4545082 | 0,00 – 1,00 m | 17/04/2008 | $1,2 \times 10^{-5}$ | | |
| P1 | 444656 | 4545083 | 0,00 – 1,00 m | 17/04/2008 | $6,7 \times 10^{-5}$ | | |
| P2 | 444616 | 4545047 | 0,00 – 1,00 m | 22/04/2008 | | 0,167 | 0,184 |
| TS/P2 | 444613 | 4545053 | 0,00 – 0,20 m | 22/04/2008 | $1,5 \times 10^{-5}$ | | |

Campioni di Suolo profondo

Confrontando i risultati delle determinazioni analitiche effettuate sui campioni di suolo profondo con le CSC (Allegato 5 Tabella 1 - Col. A del D.Lgs.152/06), risulta che il sito è interessato da una contaminazione dovuta a diclorometano e triclorometano. Nella Tabella 3 si riportano i superamenti delle CSC riscontrati nei campioni di suolo profondo.

| Tabella 3 - Superamenti delle CSC nei campioni di suolo profondo | | | | | | |
|---|----------------|----------------|-------------------|----------------------|---------------|----------------|
| Dlgs 152/06, Parte IV, titolo V, All. 5, tab.1, Col. A mg/kg | | | | | 0,1 | 0,1 |
| <i>Sond.</i> | <i>Coord_X</i> | <i>Coord_Y</i> | <i>Profondità</i> | <i>Data prelievo</i> | Diclorometano | Triclorometano |
| P2 | 444616 | 4545047 | 1,00 – 3,00 m | 22/04/2008 | 0,223 | 0,152 |
| | | | 4,00 – 6,00 m | | 0,131 | |
| | | | 7,00 – 9,00 m | | 0,364 | 0,197 |

Campioni di Acqua di falda

Confrontando i risultati delle determinazioni analitiche effettuate sui campioni di acqua con le CSC (Allegato 5 Tabella 2 del D.Lgs.152/06), risulta che il sito è interessato da una contaminazione dovuta a Alluminio, Manganese, Piombo e Nitriti. Nella Tabella 4 si riportano i superamenti delle CSC riscontrati nei campioni di acqua di falda.

| Tabella 4 - Superamenti delle CSC nei campioni di acqua di falda | | | | | | | | |
|---|----------------|----------------|-------------------|----------------------|-----------|-----------|--------|---------|
| Dlgs 152/06, Parte IV, titolo V, All. 5, tab.2 µg/l | | | | | 200 | 50 | 10 | 500 |
| <i>Sond.</i> | <i>Coord_X</i> | <i>Coord_Y</i> | <i>Profondità</i> | <i>Data prelievo</i> | Alluminio | Manganese | Piombo | Nitriti |
| P1 | 444656 | 4545083 | 40 | 30/04/2008 | | | 39,6 | 600 |
| P2 | 444616 | 4545047 | 40 | 30/04/2008 | 217 | 103,1 | 58,6 | |

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 (livello 3)

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:

$R = E \times T$ 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 proveniente dalla matrice suolo e delle Concentrazioni Soglia di Rischio. 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).

Lo scenario di riferimento è quello attuale.

Sorgenti

Le matrici ambientali considerate quali sorgenti secondarie di contaminazione sono il suolo superficiale e il suolo profondo. Ad entrambe è stata associata l'intera superficie del sito ai fini della determinazione dei parametri dimensionali. Le acque di falda, invece, non sono state considerate una sorgente di contaminazione per il bersaglio uomo in quanto presentano una contaminazione esclusivamente da sostanze non volatili.

Vie di trasporto e percorsi di esposizione

- suolo superficiale: Ingestione di suolo e contatto dermico, Inalazione vapori outdoor sia on site che off site, Inalazione polveri outdoor sia on site che off site, lisciviazione in falda;
- suolo profondo: Inalazione vapori outdoor sia on site che off site, lisciviazione in falda;

Inoltre, vista la presenza di un edificio scolastico a circa 15 m dal sito, in via del tutto cautelativa, si è scelto di attivare quali vie di esposizione anche l'Inalazione vapori e polveri indoor.

Bersagli

Il sito, al momento, risulta in parte utilizzato come spazio ricreativo per l’adiacente scuola (campo da pallacanestro) e pertanto è stato selezionato quale scenario di esposizione il residenziale ricreativo, adulto-bambino sia per l’on site che per l’off site, con tempi di esposizione valutati cautelativamente pari a 8 ore al giorno per l’esposizione indoor e 3 ore al giorno per l’esposizione outdoor.

E’ stata inoltre considerata la falda idrica quale ulteriore bersaglio.

3.2 Parametri sito-specifici

3.2.1 Parametri meteo climatici

Per quanto riguarda l’acquisizione dei dati di precipitazioni meteoriche, necessari ai fini della presente elaborazione di analisi di rischio è stato consultato il database Sinanet (ISPRA).

Nello specifico sono stati utilizzati i dati rilevati alla stazione Grazzanise misurati nel periodo 1975-2013.

In particolare, è stato considerato, ai fini dell’elaborazione, il massimo dei valori di precipitazione media annua cumulata (anno 2005) per la serie storica relativa agli ultimi dieci anni, che risulta essere paria a 1128 mm/anno.

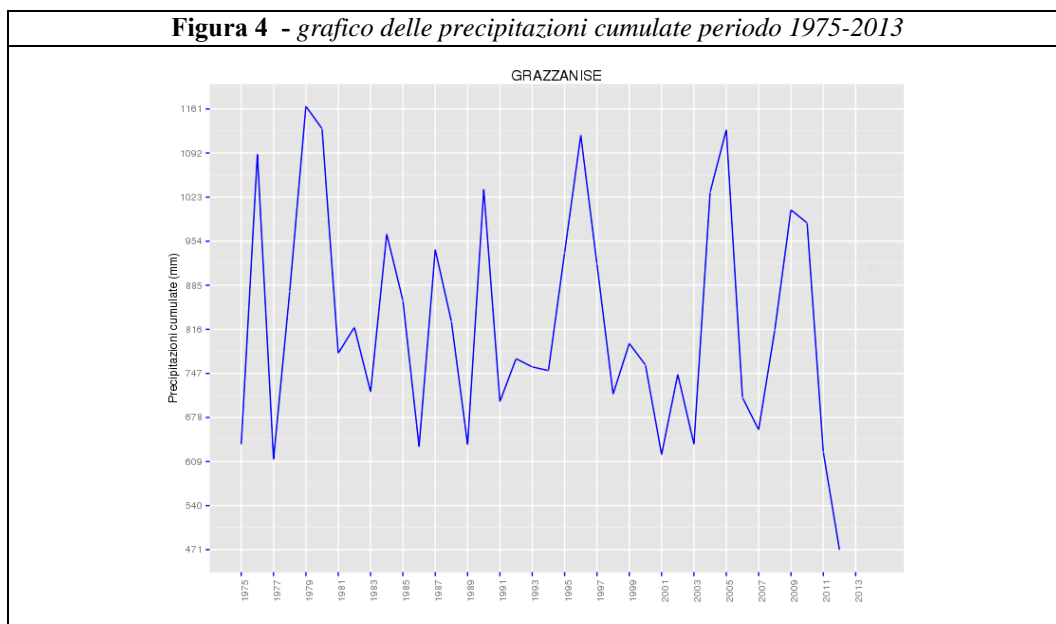
In Tabella 5 vengono riportati i valori della serie storica dei valori di precipitazione annua cumulata 1975-2013, Stazione di Grazzanise.

Tabella 5 - Serie storica dei valori max di precipitazione media annua cumulata dal 1975 al 2013

| Anno | Precipitazioni cumulate (mm/anno) | Anno | Precipitazioni cumulate (mm/anno) | Anno | Precipitazioni cumulate (mm/anno) |
|------|-----------------------------------|------|-----------------------------------|------|-----------------------------------|
| 1975 | 635 | 1988 | 828,1 | 2001 | 620,0 |
| 1976 | 1090 | 1989 | 635,6 | 2002 | 745,5 |
| 1977 | 612 | 1990 | 1035,2 | 2003 | 636,2 |
| 1978 | 875,4 | 1991 | 703,0 | 2004 | 1030,7 |
| 1979 | 1165,3 | 1992 | 770,0 | 2005 | 1128,4 |
| 1980 | 1130,1 | 1993 | 757,2 | 2006 | 709,2 |
| 1981 | 778,6 | 1994 | 751,4 | 2007 | 658,8 |
| 1982 | 819,2 | 1995 | 935,8 | 2008 | 814,8 |
| 1983 | 718,2 | 1996 | 1119,9 | 2009 | 1003,1 |
| 1984 | 965,0 | 1997 | 918,3 | 2010 | 982,5 |
| 1985 | 861,1 | 1998 | 714,6 | 2011 | 624,0 |
| 1986 | 632,2 | 1999 | 793,9 | 2012 | 470,6 |
| 1987 | 940,7 | 2000 | 760,3 | 2013 | NA |

In Fig 4 si riporta l’andamento della serie storica delle precipitazioni 1975-2013.

Figura 4 - grafico delle precipitazioni cumulate periodo 1975-2013



Per la definizione delle caratteristiche di ventosità del sito, tra le stazioni meteo inserite nel sistema SCIA di ISPRA (<http://www.scia.sinanet.apat.it/>), è stata selezionata quella che per distanza, quota altimetrica ed esposizione della stazione, risulta maggiormente rappresentativa per il sito San Nicola la Strada. E' stata quindi selezionata la stazione di Grazzanise (Codice Stazione: 162530), per la quale sono disponibili i dati di velocità media annua per il periodo 1976-2014.

In Fig. 5 è riportato il grafico della velocità media del vento nel periodo 1976-2014, mentre in Tab. 6 sono riportati i valori della serie storica di velocità media del vento per lo stesso periodo.

Figura 5 – Valori velocità medie annue del vento – Periodo 1976-2014

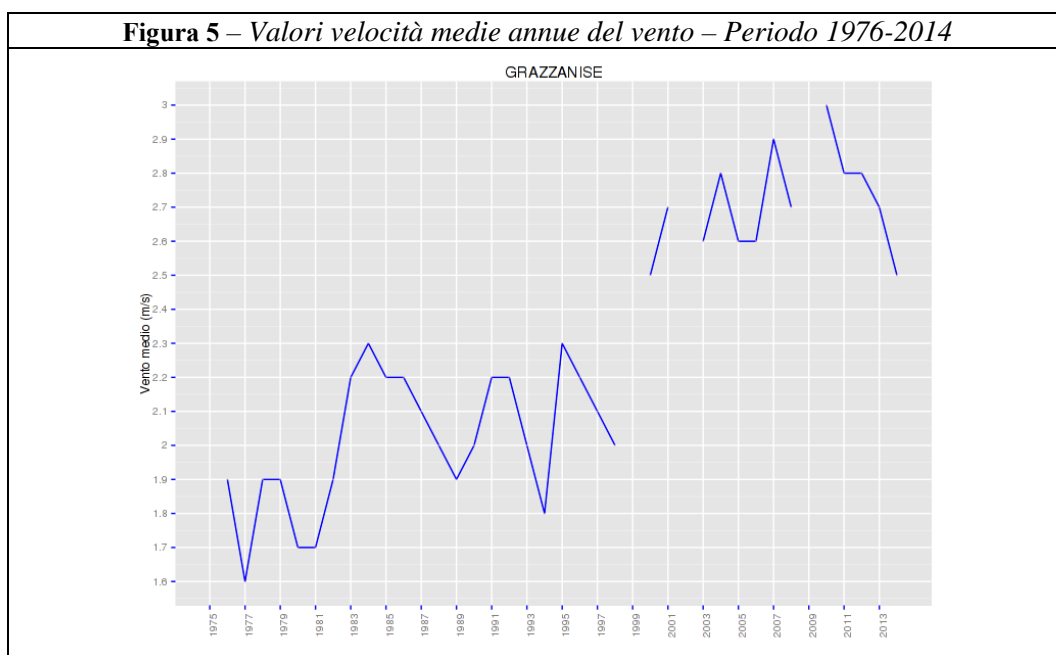


Tabella 6 - Serie storica dei valori di velocità media del vento relativa al periodo 1976-2014. Stazione di Grazzanise (Codice Stazione: 162530)

| Anno | Velocità media vento (m/s) | Numero di dati | Anno | Velocità media vento (m/s) | Numero di dati |
|------|----------------------------|----------------|------|----------------------------|----------------|
| 1976 | 1,9 | 366 | 1995 | 2,3 | 365 |
| 1977 | 1,6 | 365 | 1996 | 2,2 | 366 |
| 1978 | 1,9 | 365 | 1997 | 2,1 | 365 |
| 1979 | 1,9 | 365 | 1998 | 2 | 365 |
| 1980 | 1,7 | 363 | 1999 | n.d. | n.d. |
| 1981 | 1,7 | 365 | 2000 | 2,5 | 366 |
| 1982 | 1,9 | 365 | 2001 | 2,7 | 365 |
| 1983 | 2,2 | 303 | 2002 | n.d. | n.d. |
| 1984 | 2,3 | 366 | 2003 | 2,6 | 363 |
| 1985 | 2,2 | 362 | 2004 | 2,8 | 366 |
| 1986 | 2,2 | 365 | 2005 | 2,6 | 355 |
| 1987 | 2,1 | 365 | 2006 | 2,6 | 334 |
| 1988 | 2 | 358 | 2007 | 2,9 | 365 |
| 1989 | 1,9 | 365 | 2008 | 2,7 | 364 |
| 1990 | 2 | 365 | 2009 | n.d. | n.d. |
| 1991 | 2,2 | 365 | 2010 | 3 | 362 |
| 1992 | 2,2 | 366 | 2011 | 2,8 | 358 |
| 1993 | 2 | 365 | 2012 | 2,8 | n.d. |
| 1994 | 1,8 | 365 | 2013 | 2,7 | n.d. |
| | | | 2014 | 2,5 | n.d. |

Dai dati considerati il valore più cautelativo risulta essere quello del 1977 che ha fatto registrare una velocità media annuale del vento pari a 1,6 m/s. 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”.

Come direzione del vento prevalente è stata assunta la direzione NE-SO, così come si evince dalla Fig.6 e dalla Tabella 7 riportanti diagramma e valori numerici della frequenza del vento in relazione all'intensità ed alla direzione di provenienza.

Figura 6 - diagramma anemologico periodo 1976-2013– stazione di Grazzanise

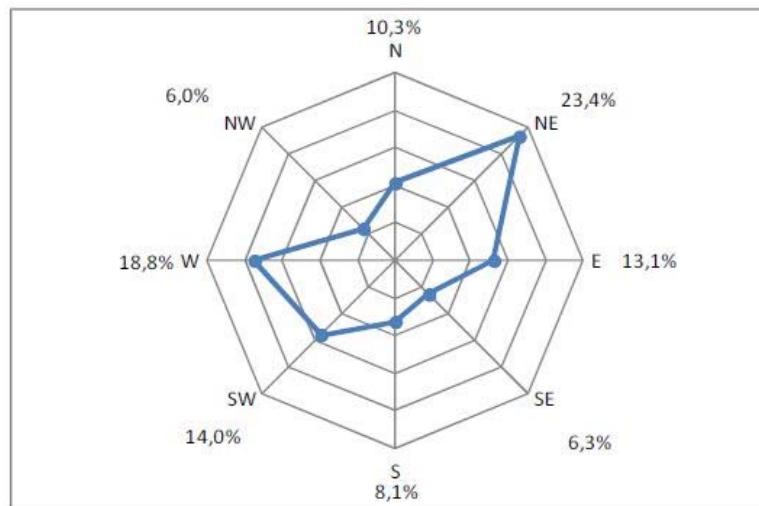


Tabella 7– Percentuali delle frequenze dell'intensità del vento, per l'elaborazione diagramma anemometrico.

| Intensità (m/s) | | CALM | 0.5 – 3.0 | 3.0 – 5.0 | 5.0 – 10.0 | > 10.0 |
|-------------------------|------------|-------|-----------|-----------|------------|--------|
| Frequenze espresse in % | Settore 1 | 2,32% | 2,47% | 0,81% | 0,46% | 0,06% |
| | Settore 2 | 2,32% | 5,20% | 2,10% | 0,68% | 0,07% |
| | Settore 3 | 2,32% | 5,12% | 3,31% | 2,03% | 0,22% |
| | Settore 4 | 2,32% | 3,22% | 1,80% | 1,80% | 0,24% |
| | Settore 5 | 2,32% | 0,93% | 0,37% | 0,12% | 0,00% |
| | Settore 6 | 2,32% | 0,62% | 0,17% | 0,07% | 0,00% |
| | Settore 7 | 2,32% | 0,50% | 0,16% | 0,14% | 0,04% |
| | Settore 8 | 2,32% | 0,95% | 0,52% | 0,46% | 0,06% |
| | Settore 9 | 2,32% | 0,58% | 0,45% | 0,44% | 0,03% |
| | Settore 10 | 2,32% | 1,16% | 1,19% | 1,00% | 0,10% |
| | Settore 11 | 2,32% | 1,82% | 2,58% | 1,38% | 0,09% |
| | Settore 12 | 2,32% | 3,23% | 4,84% | 3,48% | 0,32% |
| | Settore 13 | 2,32% | 0,70% | 0,70% | 0,76% | 0,08% |
| | Settore 14 | 2,32% | 0,43% | 0,13% | 0,07% | 0,01% |
| | Settore 15 | 2,32% | 0,54% | 0,14% | 0,04% | 0,01% |
| | Settore 16 | 2,32% | 1,21% | 0,37% | 0,25% | 0,06% |

3.2.2 Parametri di idrogeologia locale

Il territorio del Comune di S. Nicola la Strada è situato al margine orientale della Piana Campana, basso morfologico delimitato a Nord dal Monte Massico, a Sud dai Monti Lattari, e ad Est dai primi contrafforti appenninici (monti di Avella). Dal punto di vista geomorfologico l'area in esame presenta aspetto subpianeggiante, con un leggero gradiente orientato verso Sud in direzione dei Regi Lagni, e costituisce il raccordo tra il rilievo appenninico a Nord Est e la Piana Campana a Sud Ovest; detta area è il risultato del riempimento del Graben della Piana Campana ad opera della formazione ignimbratica.

Dal punto di vista geologico – strutturale, questo territorio presenta due elementi caratterizzanti:

- calcari cretacei dei Monti di Caserta, costituiti da calcari dolomitici ad elevato grado di fratturazione e carsismo;
- tufo grigio, caratterizzato da litofacies a diverso grado di cementazione, disposto nella Piana presso Caserta.

Intercalati ai depositi vulcanici sono presenti depositi di origine marina e alluvionale, mentre il substrato carbonatico risulta sepolto di diverse centinaia di metri.

Per quanto attiene le acque sotterranee, siamo in presenza di un'unità idrogeologica che ricalca le caratteristiche geolitologiche dell'area, difatti il considerevole spessore di depositi quaternari consente una circolazione idrica sotterranea per falde sovrapposte contenute nei livelli a granulometria più grossolana.

L'attività di monitoraggio ambientale del sottosuolo ha permesso di ricostruire l'assetto litostratigrafico locale del sottosuolo che viene di seguito sintetizzato:

- da 0,00 a ca 1,00 m da p.c.: terreno di riporto costituito da ciottoli e ghiaia calcarea spesso in matrice sabbiosa fine;
- da ca. 1,00 a ca. 12,00 m da p.c.: cinerite a granulometria di limo - limo argilloso di colore dal grigio marroncino al giallognolo con numerose intercalazioni pomicee di dimensioni da millimetriche a centimetriche;
- da ca. 12,00 a 40,00 m da p.c.: piroclastite costituente la facies sciolta dell'Ignimbrite Campana, si presenta come sabbia alternata a sabbia con limo di colore dal grigio chiaro-marroncino al grigio scuro con inclusione di pomice e scorie eterometriche.

Le descrizioni stratigrafiche di ogni singolo punto d'indagine sono contenute nei rispettivi log di campo riportati nell'Allegato 5.

Al termine dell'esecuzione dei sondaggi attrezzati a piezometro della fase di caratterizzazione allo scopo di ricostruire l'andamento della superficie piezometrica della falda acquifera superficiale, è stato effettuato il rilievo della soggiacenza della falda per mezzo di sonda rilevatrice di interfaccia. In nessuno dei piezometri è stata riscontrata la presenza di fase surnatante. L'elaborazione dei dati raccolti ha permesso di definire una direzione

locale di deflusso della falda da Nord Est a Sud Ovest, la falda freatica è stata rinvenuta alla profondità di 28.68 m dal boccaforo nel piezometro P1 e 28.90 m dal boccaforo nel piezometro P2.

Le rilevazioni della falda idrica effettuate in corrispondenza dei piezometri realizzati sono state utilizzate nella redazione della Carta piezometrica (Allegato 6).

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 imponendo all’acquifero una variazione volumetrica impulsiva, e misurando la variazione del ripristino del livello, che risulta essere direttamente correlato alla permeabilità idraulica dell’acquifero. Le prove sono state eseguite nei piezometri P1 e P2. Il valore medio è dell’ordine di circa 3.415×10^{-7} m/s (Tabella 8). In Allegato 7 sono riportate le schede di calcolo del coefficiente di permeabilità dei 2 piezometri.

| Tabella 8 - Risultati delle prove slug test con i relativi valori di conducibilità idraulica | | |
|--|-------------------|-----------------------|
| Piezometro | Modello acquifero | K |
| P1 | Non confinato | $3,43 \times 10^{-7}$ |
| P2 | Non confinato | $3,40 \times 10^{-7}$ |

In Tabella 9 si riportano i valori rilevati dei parametri chimico-fisici relativi a ciascun piezometro:

| Tabella 9 - parametri chimico-fisici | | | | | |
|--------------------------------------|-----------------|-------|--------------------|------------------------|-----------------------|
| Piezometro | Temperatura(°C) | pH | Conducibilità (mS) | Ossigeno disciolto (%) | Potenziale RedOx (mV) |
| P1 | 14.90 | 7.511 | 0.985 | 44.81 | 82.3 |
| P2 | 15.02 | 7.482 | 1.171 | 39.21 | 78.8 |

3.2.3 Granulometria/Tessitura del Terreno

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.

| Tabella 10 - Distribuzione granulometrica | | | |
|---|----------------|------------|---|
| Sondaggio | Profondità (m) | γ_s | Descrizione |
| P1 | 0.00-10.00 | 2,64 | sabbia con limo ghiaiosa debolmente argillosa. |
| P2 | 0.00-5.00 | 2,66 | sabbia con limo ghiaiosa, debolmente argillosa. |
| S3 | 0.00-10.00 | 2,71 | sabbia con limo ghiaiosa debolmente argillosa. |
| S4 | 0.00-10.00 | 2,64 | sabbia con limo ghiaiosa debolmente argillosa. |
| S5 | 0.00-10.00 | 2,56 | sabbia con limo debolmente ghiaiosa debolmente argillosa. |

Come riportato nelle schede dell’allegato 8, i dati dei risultati delle prove granulometriche indicano che si tratta nel complesso di materiale eterogeneo, costituito prevalentemente da circa il 50% da sabbia con una percentuale di circa il 30 - 40 % da frazione limosa.

3.2.4 Tabella Parametri sito specifici

In base al modello concettuale attivato, vengono riportati nelle Tabella 11, Tabella 12, Tabella 13 e Tabella 14 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 “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 Zona Insatura | | | |
|---|---|-------------------|----------|
| Zona Insatura | | U.M. | Valore |
| L_s (SS) | Profondità del top della sorgente nel suolo superficiale rispetto al p.c. | m | 0,0 |
| L_s (SP) | Profondità del top della sorgente nel suolo profondo rispetto al p.c. | m | 1,0 |
| d | Spessore della sorgente nel suolo superficiale (insaturo) | m | 1,0 |
| d_s | Spessore della sorgente nel suolo profondo (insaturo) | m | 28,68 |
| L_{GW} | Profondità del piano di falda | m | 28,68 |
| $f_{oc, SS}$ | Frazione di carbonio organico nel suolo insaturo superficiale | g-C/g-suolo | 0,01 |
| $f_{oc, SP}$ | Frazione di carbonio organico nel suolo insaturo profondo | g-C/g-suolo | 0,01 |
| pH | pH | adim. | 6,8 |
| ρ_s | Densità del suolo | g/cm ³ | 1,7 |
| θ_e | Porosità efficace del terreno in zona insatura | adim. | 0,385 |
| θ_w | Contenuto volumetrico di acqua | adim. | 0,103 |
| θ_a | Contenuto volumetrico di aria | adim. | 0,068 |
| I_{ef} | Infiltrazione efficace | cm/anno | 2,29E+01 |
| P | Piovosità | cm/anno | 112,8 |
| $\eta_{outdoor}$ | Frazione areale di fratture outdoor (solo per lisciviazione) | adim. | 1,0 |

Tabella 12 – Parametri sito specifici Zona Saturata

| Zona Saturata | | | Valore |
|--------------------|---|-------------|----------|
| W | Estensione della sorgente nella direzione del flusso di falda | m | 73,0 |
| S _w | Estensione della sorgente nella direzione ortogonale al flusso di falda | m | 53,0 |
| d _a | Spessore acquifero | m | 40,0 |
| K _{sat} | Conducibilità idraulica del terreno saturo | m/s | 3,40E-07 |
| i | Gradiente idraulico | adim. | 0,004 |
| v _{gw} | Velocità di Darcy | m/s | 1,36E-09 |
| v _e | Velocità media effettiva nella falda | m/s | 3,85E-09 |
| θ _{e sat} | Porosità efficace del terreno in zona saturata | adim. | 0,353 |
| f _{oc} | Frazione di carbonio organico nel suolo saturo | g-C/g-suolo | 0,001 |
| POC | Distanza recettore off site (DAF) | m | 0 |
| a _x | Dispersività longitudinale | m | 1,00E+01 |
| a _y | Dispersività trasversale | m | 3,33E+00 |
| a _z | Dispersività verticale | m | 5,00E-01 |
| δ _{gw} | Spessore della zona di miscelazione in falda | m | 4,00E+01 |
| LDF | Fattore di diluizione in falda | adim. | 1,10E+00 |

Tabella 13 – Parametri sito specifici Ambiente Outdoor

| Ambiente Outdoor | | | Valore |
|----------------------|---|------------------------|----------|
| δ _{air} | Altezza della zona di miscelazione | m | 2,0 |
| W' | Estensione della sorgente nella direzione principale del vento | m | 73,0 |
| S _w ' | Estensione della sorgente nella direzione ortogonale a quella del vento | m | 53,0 |
| U _{air} | Velocità del vento | m/s | 1,07 |
| P _e | Portata di particolato per unità di superficie | g/(cm·s ²) | 6,90E-14 |
| τ _{outdoor} | Tempo medio di durata del flusso di vapore | anni | 30,0 |
| POE ADF | Distanza recettore off site (ADF) | m | 15,0 |
| σ _y | Coefficiente di dispersione trasversale | m | 2,39E+00 |
| σ _z | Coefficiente di dispersione verticale | m | 2,10E+00 |

Tabella 14 – Parametri sito specifici Ambiente Indoor

| Ambiente Indoor | | | Valore |
|-----------------|---|-------|----------|
| Zcrack | Profondità fondazioni da p.c. | m | 0,15 |
| Lcrack | Spessore delle fondazioni/muri | m | 0,15 |
| η | Frazione areale di fratture indoor | adim. | 0,01 |
| Lb | Rapporto tra volume indoor ed area di infiltrazione | m | 2,0 |
| θ wcrack | Contenuto volumetrico di acqua nelle fratture | adim. | 0,12 |
| θ acrack | Contenuto volumetrico di aria nelle fratture | adim. | 0,26 |
| ER | Tasso di ricambio di aria indoor | 1/s | 1,40E-04 |
| τ , indoor | Tempo medio di durata del flusso di vapore | anni | 30,0 |

Le considerazioni effettuate ai fini della scelta dei parametri e dei contaminanti sono:

- le dimensioni della sorgente rispetto alle direzioni del vento e della falda sono le massime così come evidenziato nelle Figura 7 e Figura 8;
- per la soggiacenza delle falda è stato selezionato il valore minimo che si presenta, in questo caso, come il più cautelativo (28,68 m);
- l’infiltrazione efficace è stata calcolata considerando il valore massimo di piovosità media annua (1128 mm/anno) ed una sabbia limosa;
- la velocità del vento pari a 1,6 m/s, è stata calcolata considerando il valore minore tra quelli riportati in tab. 6 classe di stabilità D, suolo urbano;
- per il parametro granulometria, visto che nella descrizione delle colonne stratigrafiche allegate ai risultati della caratterizzazione si parla di “*terreno di riporto costituito da ciottoli e ghiaia calcarea*” per il suolo superficiale, e di “*cinerite a granulometria di limo - limo argilloso*” per il suolo profondo, nella selezione della tessitura si è scelta la sabbia;
- per la conducibilità idraulica è stato selezionato il valore pari a di $3,4 \times 10^{-7}$.

Relativamente alla scelta dei contaminanti nel processo di analisi sono stati selezionati i valori massimi registrati per Diossine, Diclorometano e Triclorometano per il suolo superficiale, Diclorometano e Triclorometano per il suolo profondo. Nessuno dei percorsi relativi alla matrice falda è stato attivato in quanto tutti gli analiti con valori superiori alle CSC risultano essere non volatili.

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

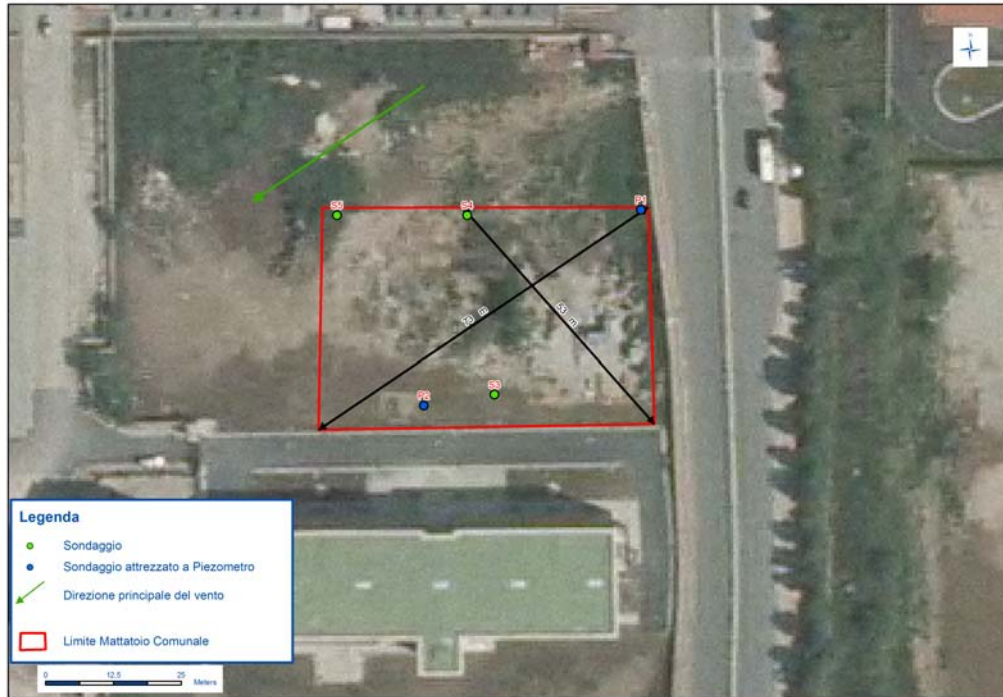
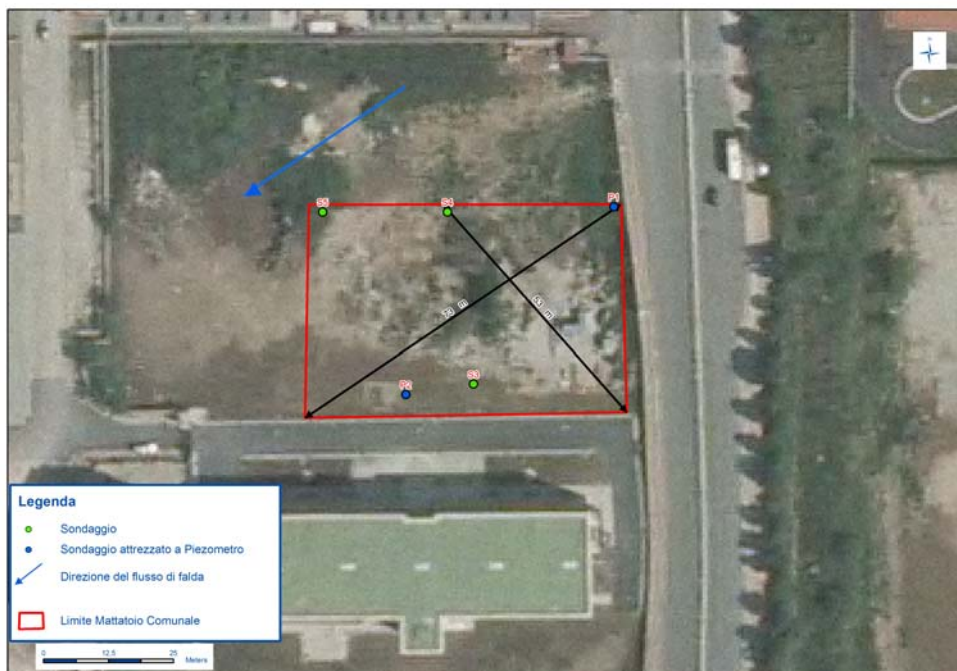


Figura 8 – Dimensioni della sorgente rispetto alla direzione del flusso di falda



3.2.2 Parametri di default

In fase di caratterizzazione ambientale non sono stati determinati i seguenti parametri: foc, pH, densità del suolo. I valori inseriti, pertanto, corrispondono a quelli di default ISPRA. In via cautelativa i parametri dell’edificio scolastico sono stati assimilati a quelli di default.

4 RISULTATI

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

Suolo Superficiale:

1. Rischio cancerogeno cumulato non accettabile on site;
2. Indice di pericolo cumulato non accettabile on site;
3. Rischio cancerogeno non accettabile per il triclorometano per inalazione vapori e rischio non accettabile per la risorsa idrica.
4. Rischio cancerogeno ed indice di pericolo non accettabile per le Diossine per ingestione suolo, contatto dermico.

In Tabella 15 si riporta parte della schermata del software risk-net relativa al calcolo del rischio. I valori evidenziati in arancione indicano un valore non accettabile del rischio.

| Contaminanti | CRS [mg/kg s.s.] | CRS ridotta suolo [mg/kg s.s.] | Rischio Cancerogeno (R) | Indice di Pericolo (HI) | Rischio risorsa idrica (RGW) | CSC Residenziale [mg/kg s.s.] |
|----------------|------------------|--------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| Diclorometano | 1,67E-01 | 1,67E-01 | 4,72E-09 | 2,26E-03 | NA | 1,00E-01 |
| Triclorometano | 1,84E-01 | 1,84E-01 | 6,13E-06 | 1,51E-02 | 1,01E+02 | 1,00E-01 |
| 2,3,7,8-TCDD | 6,70E-05 | 6,70E-05 | 1,58E-05 | 1,33E+00 | 2,13E-01 | 1,00E-05 |

| | | |
|-----------------|--------------|---------------|
| On-site | R tot | HI tot |
| | 1,58E-05 | 1,33E+00 |
| Outdoor | 6,18E-06 | 1,75E-02 |
| Indoor | | |
| Off-site | R tot | HI tot |
| Outdoor | 9,05E-07 | 2,80E-03 |

Suolo Profondo:

In Tabella 16 si riporta parte della schermata del software risk-net relativa al calcolo del rischio. I valori evidenziati in arancione indicano un valore non accettabile del rischio, ovvero:

1. Rischio cancerogeno cumulato non accettabile on site;
2. Rischio cancerogeno non accettabile per il triclorometano per inalazione vapori indoor e outdoor e rischio non accettabile per la risorsa idrica.

Tabella 16 – Valori del Rischio e dell’Indice di Pericolo Suolo Profondo

| Contaminanti | CRS [mg/kg s.s.] | Rischio Cancerogeno (R) | Indice di Pericolo (HI) | Rischio risorsa idrica (RGW) | CSC Residenziale [mg/kg s.s.] |
|----------------|------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| Diclorometano | 3,64E-01 | 1,36E-07 | 6,52E-02 | NA | 1,00E-01 |
| Triclorometano | 1,97E-01 | 5,51E-05 | 1,36E-01 | 3,09E+03 | 1,00E-01 |

| | On-site | |
|---------|----------|----------|
| | R tot | HI tot |
| Outdoor | 1,31E-06 | 3,83E-03 |
| Indoor | 5,53E-05 | 2,01E-01 |
| | Off-site | |
| | R tot | HI tot |
| Outdoor | 1,31E-06 | 3,83E-03 |

L’elaborazione dell’analisi di rischio in modalità inversa ha portato all’individuazione delle CSR indicate in Tabella 17 e da cui si evidenzia come nel suolo superficiale sia per le Diossine che per il Triclorometano, i valori calcolati risultano inferiori alle CSC e pertanto gli obiettivi di bonifica faranno riferimento proprio alle concentrazioni soglia di contaminazione.

Tabella 17 – CSR 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) | CSC Residenziali [mg/kg s.s.] | Csat [mg/kg s.s.] | CSR in sorgente [mg/kg s.s.] |
|----------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------|------------------------------|
| Diclorometano | 3,54E+01 | | 3,54E+01 | 3,40E+01 | 1,00E-06 | 4,78E-01 | NA | 1,00E-01 | 3,86E+03 | 1,67E-01 |
| Triclorometano | 1,83E-03 | | 1,83E-03 | 1,76E-03 | 6,10E-08 | 1,50E-04 | 1,00E+00 | 1,00E-01 | 3,07E+03 | 1,84E-01 |
| 2,3,7,8-TCDD | 4,25E-06 | | 4,25E-06 | 4,08E-06 | 1,00E-06 | 8,43E-02 | 1,35E-02 | 1,00E-05 | 4,98E-01 | 6,70E-05 |

| | On-site | |
|---------|----------|----------|
| | R tot | HI tot |
| Outdoor | 1,36E-06 | 1,88E-01 |
| Indoor | 1,06E-06 | 4,78E-01 |
| | Off-site | |
| | R tot | HI tot |
| Outdoor | 6,42E-08 | 4,82E-03 |

Anche per il Suolo profondo (Tabella 18) la CSR del Triclorometano risulta inferiore alla CSC, pertanto si assumeranno queste ultime quali obiettivi di Bonifica.

Tabella 18 – CSR 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) | CSC Residenziale [mg/kg s.s.] | Csat [mg/kg s.s.] | CRS in sorgente [mg/kg s.s.] |
|-----------------|------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------|------------------------------|
| Diclorometano | 2,67E+00 | | 2,67E+00 | 2,56E+00 | 1,00E-06 | 4,78E-01 | NA | 1,00E-01 | 3,66E+03 | 3,64E-01 |
| Triclorometano | 6,38E-05 | | 6,38E-05 | 6,13E-05 | 1,79E-8 | 4,40E-05 | 1,00E+00 | 1,00E-01 | 3,07E+03 | 1,97E-01 |
| On-site | | | R tot | HI tot | | | | | | |
| Outdoor | | | 1,80E-08 | 7,78E-03 | | | | | | |
| Indoor | | | 1,02E-06 | 4,78E-01 | | | | | | |
| Off-site | | | R tot | HI tot | | | | | | |
| Outdoor | | | 1,80E-08 | 7,78E-03 | | | | | | |

In allegato 9 si riportano i files di risk-net

5 CONCLUSIONI

L’analisi di rischio applicata al sito in esame ha evidenziato un rischio non accettabile associato alla presenza di triclorometano sia nel suolo superficiale che nel suolo profondo per inalazione vapori indoor e outdoor e per la lisciviazione in falda. Il triclorometano è stato riscontrato esclusivamente all’interno dei campioni prelevati nel punto P2.

Per il suolo superficiale viene registrato rischio non accettabile anche il per contatto dermico, ingestione suolo ed inalazione outdoor, rischio determinato da una presenza diffusa di Diossina, con un superamento delle CSC (obiettivo di bonifica) in 5 dei 6 campioni prelevati in fase di caratterizzazione.

Da tali evidenze il sito deve ritenersi contaminato e si rende necessario, secondo quanto previsto dal D.Lgs. 152/2006 e smi, attuare idonei interventi di bonifica ai fini del rispetto degli obiettivi di bonifica calcolati per il suolo superficiale e profondo e delle CSC al punto di conformità per tutti gli analiti per cui sono risultati superamenti in falda e la cui presenza non sia ascrivibile a valori di fondo dell’area.

Relativamente al suolo superficiale vista la presenza di superamenti degli obiettivi di bonifica in 5 dei sondaggi realizzati, l’intero sito è da considerarsi contaminato. Per il suolo profondo, invece, lo stato di contaminazione viene rappresentato in Fig. 9 da cui si evince il superamento degli obiettivi di bonifica in solo 1 dei 6 sondaggi considerati, per una superficie complessiva di circa 530 m², stima ottenuta attraverso la ricostruzione dei poligoni di Thiessen.

Figura 9 – Stato contaminazione suolo profondo



In ogni caso 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 7 anni);
- le equazioni utilizzate nell'applicazione dell'analisi di rischio di Livello 2 portano spesso ad una sovrastima del rischio e a una sottostima delle CSR associate al percorso di volatilizzazione;
- la concentrazione delle sommatoria delle PCDB e dei PCDF è stata associata al congenere 2,3,7,8-TCDD, a cui è associata la tossicità maggiore e che è l'unico ad essere considerato semivolatile nella Banca Dati ISS- ISPESL Marzo 2015. Pertanto i risultati ottenuti in termini di rischio sono estremamente conservativi.

Fatte tali premesse, si ritiene che le azioni da intraprendere nell'immediato siano:

1. l'esecuzione di una campagna di monitoraggio delle acque sotterranee al fine di verificarne l'attuale stato di contaminazione relativamente all'estensione ed alla tipologia della stessa ed al fine di verificare con misure dirette quanto risultato dai modelli analitici;
2. misure dirette dei vapori provenienti dai suoli e utilizzo di dati di campo (misure di soil gas, campionamenti dell'aria indoor e outdoor) per la verifica dei risultati ottenuti con l'applicazione modellistica per la valutazione dell'efficacia – efficienza delle eventuali misure di prevenzione e degli eventuali interventi di bonifica da attuare.

Si ritiene necessario, inoltre, individuare le cause e le eventuali sorgenti primarie della contaminazione che, qualora ancora presenti, dovranno essere rimosse.

Si evidenzia, infine, che in caso di modifiche allo scenario attuale quali ad esempio costruzione di edifici, cambio di destinazione d'uso, ecc., dovrà essere implementata una nuova analisi di rischio.

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 DLgs 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 di Caratterizzazione “Ex Mattatoio Comunale” e sue Integrazioni (gennaio 2004 e Aprile 2005)
- Relazione tecnico descrittiva “Piano di Caratterizzazione Ex Mattatoio Comunale” (Settembre 2008).