

**Convenzione di Ricerca tra
Cor.Co.Sol. SpA in liquidazione
e**

**Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e delle Risorse
Università degli Studi di Napoli Federico II**

**Titolo del
deliverable**

RAPPORTO CONCLUSIVO

Valutazione del rischio sanitario-ambientale sito-specifico in relazione ai dati ambientali prodotti per il sito industriale di proprietà della ditta Cor.Co.Sol. S.p.A. a valle dell'attuazione del piano della caratterizzazione ex combinato disposto degli art. 242 e 245 del D.lgs. 152/2006 approvato il 29.10.2013 ed autorizzato con O.O. Giunta Regionale Campania n.33 del 11.2.2015. Sito Cor.Co.Sol S.p.A.



**Data
27/07/2024**

**Preparato da:
Prof. S. Albanese**



Rev. 03

Pag. 27

Premessa

Il presente elaborato rappresenta il rapporto conclusivo contenente la sintesi delle attività svolte dal Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e delle Risorse dell'Università degli Studi di Napoli Federico II nell'ambito della convenzione di ricerca con l'azienda Cor. Co. Sol. SpA in liquidazione finalizzata alla *“Valutazione del rischio sanitario-ambientale sito-specifico in relazione ai dati ambientali prodotti per il sito industriale di proprietà della ditta Cor.Co.Sol. S.p.A. a valle dell'attuazione del piano della caratterizzazione ex combinato disposto degli art. 242 e 245 del D.lgs. 152/2006 approvato il 29.10.2013 ed autorizzato con O.O. Giunta Regionale Campania n.33 del 11.2.2015. Sito Cor.Co.Sol S.p.A.”*

Nello specifico, in accordo a quanto riportato dall'art. 2 della convenzione di ricerca, il rapporto conclusivo raccoglie gli esiti delle seguenti attività:

- a) Estrazione e formattazione di dati geo-ambientali da documenti forniti dal committente relativi al sito Cor.Co.Sol. S.p.A. nel comune di Solofra (AV)
- b) Elaborazione di analisi di rischio sito-specifica.

L'attività di ricerca oggetto della convenzione è stata coordinata per il DiSTAR dal prof. Stefano Albanese in accordo a quanto determinato dall'art. 6 della succitata convenzione.

Sommario

1. Introduzione.....	p. 3
2. Inquadramento generale.....	p. 5
3. Sintesi del ciclo produttivo.....	p. 7
4. Contesto geografico e localizzazione.....	p. 8
5. Contesto geologico e idrogeologico.....	p. 9
6. Outline metodologiche.....	p. 11
6.1 Preparazione ed analisi preliminare dei dati.....	p. 11
7. Analisi di rischio.....	p. 14
7.1 Modello Concettuale del Sito (MCS) e recettori.....	p. 14
7.2 Parametri di input.....	p. 17
7.2.1 Contaminanti indicatori.....	p. 17
7.2.2 Concentrazione in sorgente.....	p. 17
7.2.3 Fattori di esposizione (umana)	p. 18
7.2.4 Parametri del sito.....	p. 18
7.2.4.1 Geometria della sorgente.....	p. 18
7.2.4.2 Zona insatura (Suoli)	p. 19
7.3 Risultati.....	p. 24
8. Conclusioni.....	p. 26
9. Bibliografia.....	p. 27

1. Introduzione

In accordo all'art. 242 comma 4 del D.Lgs 03 aprile 2006 n°152 (come modificato dal D.Lgs n°4 del 16 gennaio 2008 correttivo al T.U.A.) l'Analisi di Rischio (AdR) Sito-Specifica è uno strumento avanzato di supporto alle decisioni nella gestione dei siti contaminati che consente di valutare quantitativamente i rischi per la salute umana connessi alla presenza di inquinanti nelle diverse matrici ambientali (suolo, sottosuolo e acque sotterranee).

L'AdR è lo strumento indicato dal legislatore per verificare se un sito, nel quale si sono registrati superamenti delle **Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC)** sia da considerarsi **contaminato**.

Un superamento delle CSC in fase di caratterizzazione attiva la procedura di AdR sito-specifica al fine di determinare le **Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR)**; nel caso in cui le concentrazioni di inquinanti riscontrate in fase di caratterizzazione superino anche le CSR l'iter amministrativo prevede che il soggetto responsabile dell'inquinamento dia inizio alla progettazione dell'intervento di bonifica che avrà come obiettivo proprio il raggiungimento delle CSR calcolate. Quanto sopra riportato risponde alle indicazioni riportate al comma 5 dell'art 242 che recita: "Qualora gli esiti della procedura dell'analisi di rischio dimostrino che la concentrazione dei contaminanti presenti nel sito è inferiore alle concentrazioni soglia di rischio, la conferenza dei servizi, con l'approvazione del documento dell'analisi del rischio, dichiara concluso positivamente il procedimento [...]" e al comma 7 che riporta: "Qualora gli esiti della procedura dell'analisi di rischio dimostrino che la concentrazione dei contaminanti presenti nel sito è superiore ai valori di concentrazione soglia di rischio (CSR), il soggetto responsabile sottopone alla regione, nei successivi sei mesi dall'approvazione del documento di analisi di rischio, il progetto operativo degli interventi di bonifica o di messa in sicurezza, operativa o permanente, e, ove necessario, le ulteriori misure di riparazione e di ripristino ambientale, al fine di minimizzare e ricondurre ad accettabilità il rischio derivante dallo stato di contaminazione presente nel sito [...]"

Le CSR, dunque, costituiscono al tempo stesso il parametro per definire il sito "contaminato o meno" e le concentrazioni obiettivo da conseguire tramite il successivo intervento di bonifica tramite l'impiego delle migliori tecniche disponibili a costi sostenibili (BATNEC).

Ne consegue che sono solo i risultati dell'AdR a supportare la definizione di un sito come "contaminato" (salvo il caso in cui si intenda procedere alla bonifica sulla scorta del superamento delle CSC).

Le modalità secondo le quali predisporre una corretta Analisi di Rischio sito-specifica sono contenute nell'allegato 1 al Titolo V parte IV al D.Lgs 152/2006. Nel 2008, ISPRA ha pubblicato la revisione 2 dei “Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati” ed ha fornito la lista dei parametri sito-specifici imprescindibili per la corretta esecuzione dell'AdR.

In questo documento si portano i metodi ed i risultati relative all'AdR realizzata per il sito dell'azienda Cor.Co.Sol. SpA con sede in Solofra (AV). L'attività produttiva originaria è attualmente dismessa, i fabbricati presenti risultano utilizzati quali depositi di attrezzature e beni di terzi e l'azienda risulta in liquidazione.

2. Inquadramento generale

Il sito oggetto dell'AdR ricade nel perimetro dell'azienda Cor.Co.Sol. SpA storicamente impegnata nella produzione di fertilizzanti a base organica a partire da residui conciarci, individuati ai sensi del D.lgs 75/2010 quali ammendanti a base azotata organica – cuoio idrolizzato e cuoio torrefatto. Nello specifico esso impegna parzialmente l'area di pertinenza dell'originario stabilimento industriale per una superficie complessiva pari a 13500 m² circa.

Il perimetro aziendale (compreso un piazzale non di interesse per la presente procedura di AdR) è delimitato da una recinzione metallica su muretto in calcestruzzo dell'altezza di 2 m circa.

Le superfici outdoor sono, generalmente, pavimentate ad asfalto mentre gli ambienti indoor presentano una pavimentazione di tipo industriale in calcestruzzo.

Gli immobili presenti attualmente all'interno dell'area di sedime dello stabilimento includono:

- Un capannone industriale da 855 m² collabente e messo in sicurezza a seguito del cedimento strutturale della sua copertura avvenuto in data 15.01.2015, in cui sono allocati i materiali di scavo (terre e rocce) prodotti dalle attività di ripristino dei sottoservizi e delle vasche di raccolta di reflui condotte nel sito.
- Un capannone industriale da 1582 m², interamente ristrutturato la cui area di sedime è stata impermeabilizzata con geomebrana in HDPE di spessore 2 m posta al disotto della condotta fognaria centrale dell'opificio, ed al disotto della pavimentazione in CLS dell'intera superficie interna, risvoltata per 1,5 m lungo tutte le pareti perimetrali, attualmente concesso in uso a terzi come deposito di prodotti chimici non pericolosi.
- Un capannone industriale da 2540 m² circa originariamente utilizzato come sito di produzione contenente attualmente l'impianto di trattamento, macchinari per la movimentazione e selezione dell'ammendante ed attrezzature, mezzi e materiali edili per gli interventi in corso oltre a circa 300 ton di prodotto finito residuo della produzione fermata nel 2007, del quale è stata verificata la sussistenza dei requisiti per l'immissione in commercio ai sensi del D.lgs 75/2010.
- Aree di pertinenza dei capannoni e piazzale antistante i capannoni per una superficie complessiva di 8500 m² circa

La struttura impiantistica originaria prevedeva :

- Un capannone con impianto di trattamento dei residui conciarci
- Capannoni di stoccaggio
- Un impianto di trattamento fumi

- Un impianto di produzione e distribuzione aria compressa
- Una centrale termica per la produzione di vapore
- Una cabina di decompressione del gas metano
- Un impianto antincendio e distribuzione acqua industriale
- Un deposito per olio combustibile
- Una cabina elettrica completa di quadristica
- Una vasca di accumulo delle acque reflue ed un manufatto di scarico al depuratore industriale

3. Sintesi del ciclo produttivo

La Cor.co.sol. era autorizzata al ritiro dei codici CER 040101 (Carniccio e frammenti di calce), 040102 (Rifiuti di calcinazione), 040106 (Fanghi contenenti cromo), 040107 (Fanghi non contenenti cromo), 040108 (Cuoio conciato contenenti cromo), 040109 (Cascami e ritagli da operazioni di confezionamento e finitura), 150106 (Imballaggi in più materiali).

Cor.Co.Sol. SpA era, inoltre, autorizzata alle seguenti operazioni di recupero (R) (Allegato C, Parte IV,D. Lgs. 3 Aprile 2006, 152):

- R3, riciclaggio/recupero delle sostanze organiche non utilizzate come solventi (comprese le operazioni di compostaggio e altre trasformazioni biologiche);
- R13, messa in riserva di rifiuti per sottoporli a una delle operazioni indicate nei punti da R1 a R12 (escluso il deposito temporaneo, prima della raccolta, nel luogo in cui sono prodotti)

ed alle operazioni di smaltimento (D) (Allegato B , Parte IV,D. Lgs. 3 Aprile 2006, 152) che vanno sotto il codice:

- D15 - Deposito preliminare prima di uno delle operazioni di cui ai punti da D1 a D14 (escluso il deposito temporaneo, prima della raccolta, nel luogo in cui sono prodotti)

I materiali in ingresso venivano trattati secondo un ciclo di processo che prevedeva per tutti i rifiuti a base dermica (CER 040101, 040102, 040108, 040109) un preventivo trattamento di idrolisi in reattori di capacità pari a 22000 l ad una temperatura di 140 °C ed una pressione di 6 bar per circa 40minuti per renderli adatti alla produzione di concimi organici.

In seguito, i materiali idrolizzati venivano stoccati per essere avviati successivamente alla fase di essiccamento in forno cilindrico in equicorrente con un flusso di fumi caldi proveniente da un bruciatore alimentato a olio combustibile denso (BTZ). Il processo di essiccamento, che porta l'umidità dei materiali dal 50% al 10%, avveniva ad una temperatura di 110 °C ed aveva una durata di circa 30 minuti .

4. Contesto geografico e localizzazione

Lo pianta dell'intero stabilimento, ricade nelle particelle catastali n. 710, 711, 714, 715, 717 e 1070 del Foglio 1 del comune di Solofra (AV) e confina ad Est, ad Ovest ed a Sud con la viabilità ASI ed a Nord con via Consolazione. Il lotto oggetto di AdR occupa il settore meridionale dello stabilimento e le particelle 717 e 1070. (Fig. 4.1)

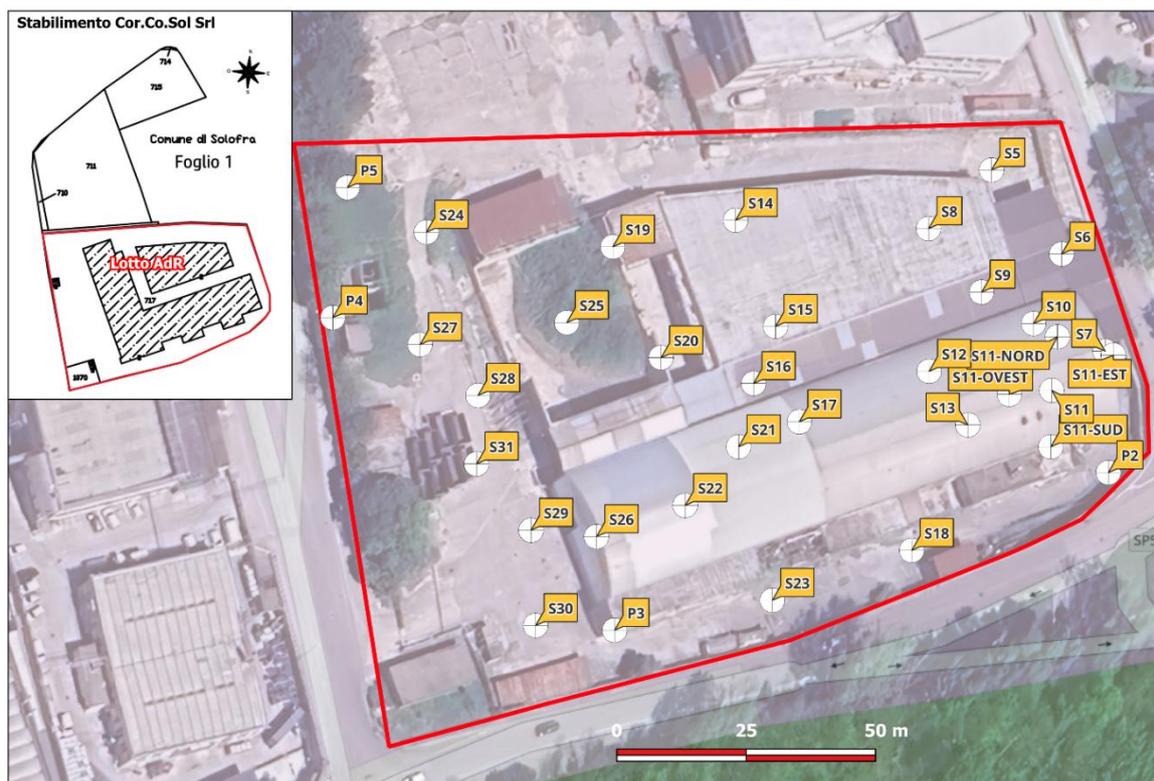


Fig. 4.1 – Carta della distribuzione dei sondaggi realizzati all'interno del lotto oggetto di AdR. Per ogni sondaggio è riportato il relativo codice identificativo. E' presente una inset map con lo stralcio catastale dell'intero sito di pertinenza della Cor.Co.Sol. SpA.

5. Contesto geologico e idrogeologico

L'area di sedime dello stabilimento insiste in un'area del territorio comunale di Solofra (AV) caratterizzato dalla presenza superficiale di depositi stratificati di natura alluvionale con ampia variabilità dei termini granulometrici in base a quanto riscontrato dai sondaggi realizzati nell'ambito dell'attuazione del piano di caratterizzazione approvato dalla Regione Campania con DD. n. 33 del 15/02/2015 (**Allegato 1**) ed in linea con quanto riportato dalla "Carta geologica e delle coltri quaternarie" a corredo della relazione tecnica-descrittiva dello studio geologico-tecnico incluso nel Piano Urbanistico Comunale redatta dal Geol. D'Orso (**Fig. 5.1**).

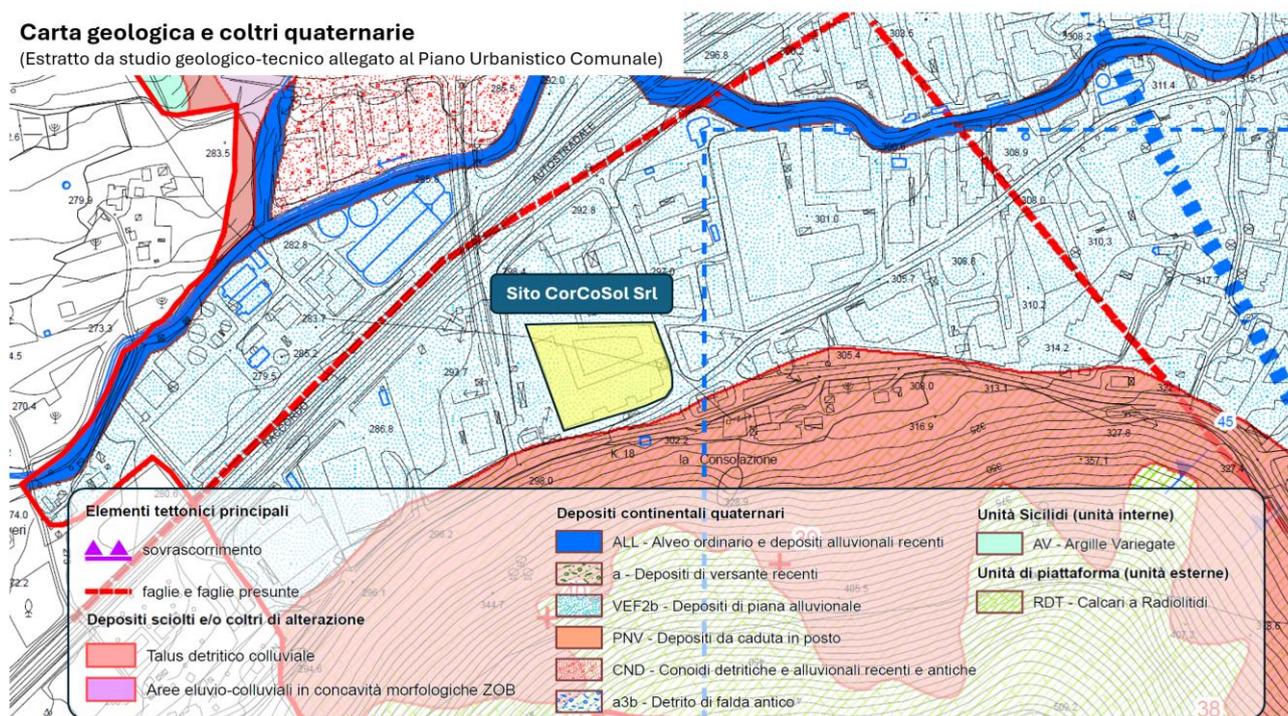


Fig. 5.1 – Stralcio della carta geologica e delle coltri quaternarie con indicazione dei principali elementi tettonici e delle unità geologiche presenti nel contesto di riferimento del sito Cor.Co.Sol. SpA. Le informazioni di base sono state mutate dalla relazione tecnico-descrittiva dello studio geologico-tecnico incluso nel Piano Urbanistico Comunale di Solofra.

Dal punto di vista idrogeologico il sito ricade nell'ambito di un complesso quaternario costituito da depositi alluvionali, detrito di falda, vulcanoclastiti e conoidi. Il grado di permeabilità è generalmente elevato ed è prevalentemente condizionato dalla porosità del mezzo. In considerazione delle caratteristiche idrogeologiche caratterizzanti le coltri alluvionali su cui insiste il sito di indagine, i termini carbonatici che si attestano al disotto dei materiali alluvionali rappresentano il principale acquifero di riferimento.

La quota di riferimento per la piezometria di fondovalle è fissata dalla “Carta dei complessi idrogeologici” allegata al Piano Urbanistico Comunale tra 200 e 210 m s.l.m. ad una profondità stimata dal p.c. di circa 90 m (**Fig. 5.2**).

In corrispondenza del sito d’indagine l’asse di deflusso principale delle acque sotterranee, in accordo alla piezometria, ha una direzione est-ovest.

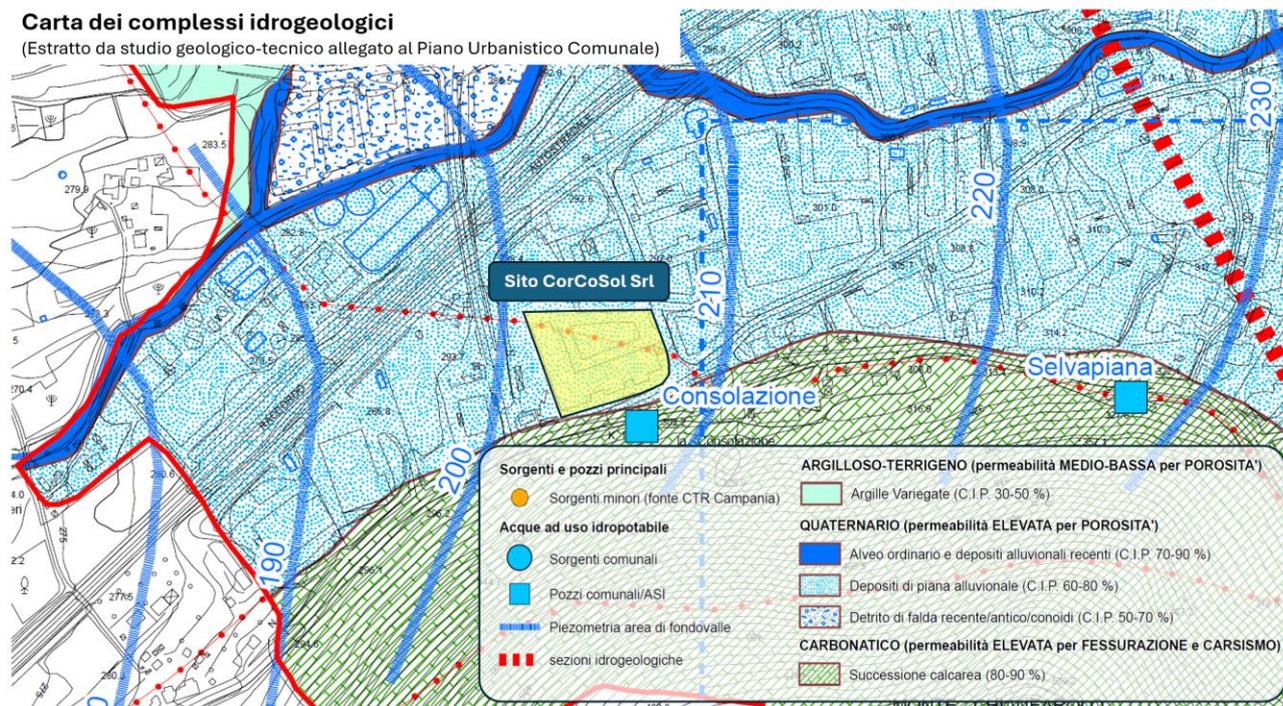


Fig. 5.2 – Stralcio della carta dei complessi idrogeologici con indicazione dei valori di piezometria dell’area di fondovalle all’interno della quale insiste il sito Cor.Co.Sol. SpA. Le informazioni di base sono state mutate dalla relazione tecnico-descrittiva dello studio geologico-tecnico incluso nel Piano Urbanistico Comunale di Solofra.

6. Outline metodologiche

6.1 Preparazione ed analisi preliminare dei dati

Nell'ambito del piano di caratterizzazione sono stati realizzati un totale complessivo di 35 sondaggi (Tab. 6.1).

Sondaggio	Data	Coord. X	Coord. Y	Prof. (m da p.c.)	Quota (m s.l.m.)
P2	09/05/2022	14,820894	40,829506	10	301
P3	06/05/2022	14,819764	40,829228	20	298
P4	09/05/2022	14,819117	40,829775	10	296
P5	09/05/2022	14,819150	40,830003	20	297
S5	03/05/2022	14,820625	40,830036	10	299
S6	03/05/2022	14,820786	40,829889	10	300
S7	03/05/2022	14,820886	40,829719	10	301
S8	05/05/2022	14,820481	40,829933	10	299
S9	03/05/2022	14,820603	40,829822	10	300
S10	09/05/2022	14,820722	40,829767	10	300
S11	11/05/2022	14,820764	40,829650	10	301
S12	09/05/2022	14,820483	40,829683	10	300
S13	05/05/2022	14,820572	40,829589	10	300
S14	04/05/2022	14,820039	40,829947	10	298
S15	05/05/2022	14,820131	40,829761	10	299
S16	04/05/2022	14,820081	40,829661	10	299
S17	06/05/2022	14,820186	40,829594	10	299
S18	05/05/2022	14,820444	40,829369	10	300
S19	04/05/2022	14,819758	40,829900	10	298
S20	04/05/2022	14,819869	40,829706	10	298
S21	05/05/2022	14,820047	40,829550	10	298
S22	10/05/2022	14,819925	40,829447	10	298
S23	05/05/2022	14,820125	40,829281	10	299
S24	04/05/2022	14,819331	40,829925	10	297
S25	11/05/2022	14,819653	40,829767	10	298
S26	02/05/2022	14,819722	40,829392	10	298
S27	03/05/2022	14,819317	40,829728	10	297
S28	04/05/2022	14,819450	40,829639	10	297
S29	02/05/2022	14,819572	40,829403	10	298
S30	02/05/2022	14,819583	40,829236	10	298
S31	10/05/2022	14,819447	40,829519	10	297
S11-EST	03/02/2023	14,820905	40,829712	5	301
S11-NORD	17/01/2023	14,820777	40,829744	5	301
S11-OVEST	17/01/2023	14,820667	40,829643	5	300
S11-SUD	17/01/2023	14,820762	40,829551	5	301

Tab. 6.1 – Dati relativi ai sondaggi effettuati nelle due fasi dell'attività di campo finalizzate all'attuazione del piano di caratterizzazione ed in accoglimento della richiesta ARPAC contenuta nella relazione di validazione n.19/TF/22.

Nello specifico, 31 sondaggi sono stati completati durante una prima fase di attività, nel periodo compreso tra 2.5.2022 e 11.05.2022, in attuazione del piano di caratterizzazione

approvato dalla Regione Campania con DD. n. 33 del 15/02/2015, e 4 ulteriori sondaggi (S11-SUD, S11-NORD, S11-OVEST, S11-EST) sono stati completati successivamente, tra il 17.01.2023 ed il 03.02.2023, in accoglimento della richiesta di ARPAC, contenuta nella relazione di validazione n.19/TF/22, di procedere ad *“effettuare delle indagini integrative mediante realizzazione di almeno n. 4 nuovi sondaggi da ubicare a distanza compresa tra 2 e 5 metri dal sondaggio identificato con la sigla S11 e nelle 4 , 2 dei punti cardinali”*. La richiesta è stata effettuata da ARPAC a valle del riscontro da parte dei laboratori dell'ente di un valore di concentrazione di Cromo VI superiore alle CSC di riferimento per “uso commerciale e industriale” (ex D.Lgs. 152/2006 Allegato 5, Parte IV, Tabella 1, colonna B) nel campione di terreno con sigla “S11C2 (2.0 – 3.5 mt)”.

Ai fini della realizzazione dell'analisi di rischio sito-specifica, i dati chimici prodotti dal laboratorio CERIS Srl su incarico della Corcosol SpA nell'ambito delle due fasi di prelievo completate (**Allegati 2.1 e 2.2**) sono stati integrati con i dati prodotti da ARPAC in fase di validazione (**Allegato 2.3**).

In accordo ai vigenti “Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati” (APAT, 2008a), i dati chimici e le informazioni acquisite in campo in relazione ai singoli campioni di terreno sono stati suddivisi, in funzione della profondità di prelievo, in due subset (o livelli) indipendenti: 1) suoli superficiali (relativi a campioni di terreno prelevati nell'intervallo di profondità compreso tra 0 ad 1 m dal p.c.) e 2) suoli profondi (relativi a campioni prelevati ad una quota superiore ad 1 m dal p.c.). In ragione della presenza nei dati di campioni riferiti a range di profondità che includevano sia valori inferiori che superiori al metro di profondità dal p.c., mantenendo un approccio conservativo, le relative determinazioni analitiche sono state ritenute bivalenti e assegnate ad ambedue i subset di cui sopra (**Allegato 3**).

Il confronto dei dati chimici (integrati e accorpati per intervalli di profondità) con i valori di “Concentrazione Soglia di Contaminazione (CSC)” di cui alla colonna B del D.Lgs. 152/2006 Allegato 5, Parte IV, Tabella 1, ha permesso di determinare che, per quanto riguarda la matrice suolo, il sito risulta potenzialmente contaminato per il superamento della CSC (15 mg/kg) dell'analita Cromo VI (CrVI) nel campione prelevato dal sondaggio S11 alla profondità compresa tra 2 e 3,5 m. dal p.c. ed analizzato da ARPAC (37 mg/kg).

Il superamento delle relative CSC in diversi campioni da parte dell'analita berillio (Be), in linea con quanto ravvisato da ARPAC nella relazione di validazione n.19/TF/22, non è stato ritenuto rilevante ai fini della procedura di valutazione del rischio in quanto ascrivibile al valore di fondo

naturale dell'area influenzato dalla diffusa presenza superficiale di depositi quaternari di natura vulcanoclastica come ampiamente riportato in letteratura (De Vivo et al., 2021)

7. Analisi di rischio

7.1 Modello Concettuale del Sito (MCS) e recettori

In accordo con quanto sopra riportato, la valutazione sito specifica del rischio sanitario ambientale per il sito d'indagine è stata realizzata per l'analisi CrVI in relazione al suolo profondo (prof. > 1 m dl p.c.).

Nello specifico, per lo sviluppo del Modello Concettuale del Sito (MCS) e della successiva elaborazione dell'Analisi di Rischio (AdR), è stato utilizzato il software Risk-net ver.3.2 pro (Maggio 2024) (www.reconnet.it) sviluppato con l'obiettivo di fornire uno strumento che ricalchi la procedura APAT-ISPRA di Analisi di Rischio ("Criteri metodologici l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati"; APAT, 2008a) in accordo con quanto previsto dalla normativa italiana (D.Lgs. 152/06 e D.Lgs. 04/08).

Nell'ambito del MCS, in base a quanto osservato nella fase di preparazione ed analisi preliminare dei dati, è stata individuata come **sorgente di contaminazione secondaria** il **“Suolo Profondo (SP)”**. In considerazione delle caratteristiche chimico-fisiche dell'analisi di interesse (i.e., CrVI), ed in linea con quanto suggerito nel documento di supporto della banca dati ISS-INAIL (2018), il **dilavamento verso la falda** è stato individuato come unico percorso di migrazione ai fini dell'AdR.

È d'uopo in questa sede evidenziare che il MCS sviluppato ai fini della presente AdR ha una componente fortemente conservativa in quanto la sorgente di contaminazione secondaria individuata nei suoli profondi si colloca in corrispondenza di un punto posizionato all'interno di uno degli edifici (capannoni) insistenti sull'area di pertinenza dell'opificio ed è confinato in superficie da una soletta in calcestruzzo dello spessore di ca. 20 cm che, da un'ispezione visiva approfondita, risulta priva di fratture e/o di discontinuità strutturali che possano favorire una massiva infiltrazione di fluidi di origine meteorica o, comunque, di origine superficiale (**Fig. 7.1**). A limitare ulteriormente l'infiltrazione delle eventuali acque meteoriche contribuisce la copertura a tetto dell'edificio stesso (di cui non si è tenuto conto in linea con l'approccio conservativo proposto a tutela della sicurezza delle acque di falda) e la pavimentazione in asfalto degli ambienti esterni che lo perimetrano.

Al netto delle osservazioni sopra riportate e di cui si è tenuto conto in ambito di AdR, si è considerato come percorso di esposizione potenziale per i contaminati la **lisciviazione in falda** con valutazione degli effetti sulle acque sotterranee **on-site** collocando il **punto di conformità ai limiti della sorgente (POC=0)** (**Fig. 7.2**).

In riferimento al POC, **il rischio per la falda è stato valutato rispetto il limite tabellare (CSC)** stabilito per il CrVI in tabella 2 del D.Lgs. 152/2006 Allegato 5, Parte IV che, nello specifico, è **pari a 5 µg/l (Fig. 7.3)**.

L'approccio proposto rispetta in tutte le sue parti la definizione del POC fornita dal D. Lgs. 04/2008 («Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale»): “... Il punto di conformità per le acque sotterranee rappresenta il punto a valle idrogeologico della sorgente al quale deve essere garantito il ripristino dello stato originale (ecologico, chimico e/o quantitativo) del corpo idrico sotterraneo, onde consentire tutti i suoi usi potenziali, secondo quanto previsto nella parte terza (in particolare articolo 76) e nella parte sesta del presente decreto (in particolare articolo 300). Pertanto in attuazione del principio generale di precauzione, il punto di conformità deve essere di norma fissato non oltre i confini del sito contaminato oggetto di bonifica e la relativa CSR per ciascun contaminante deve essere fissata equivalente alle CSC di cui all'Allegato 5 della parte quarta del presente decreto. ...”

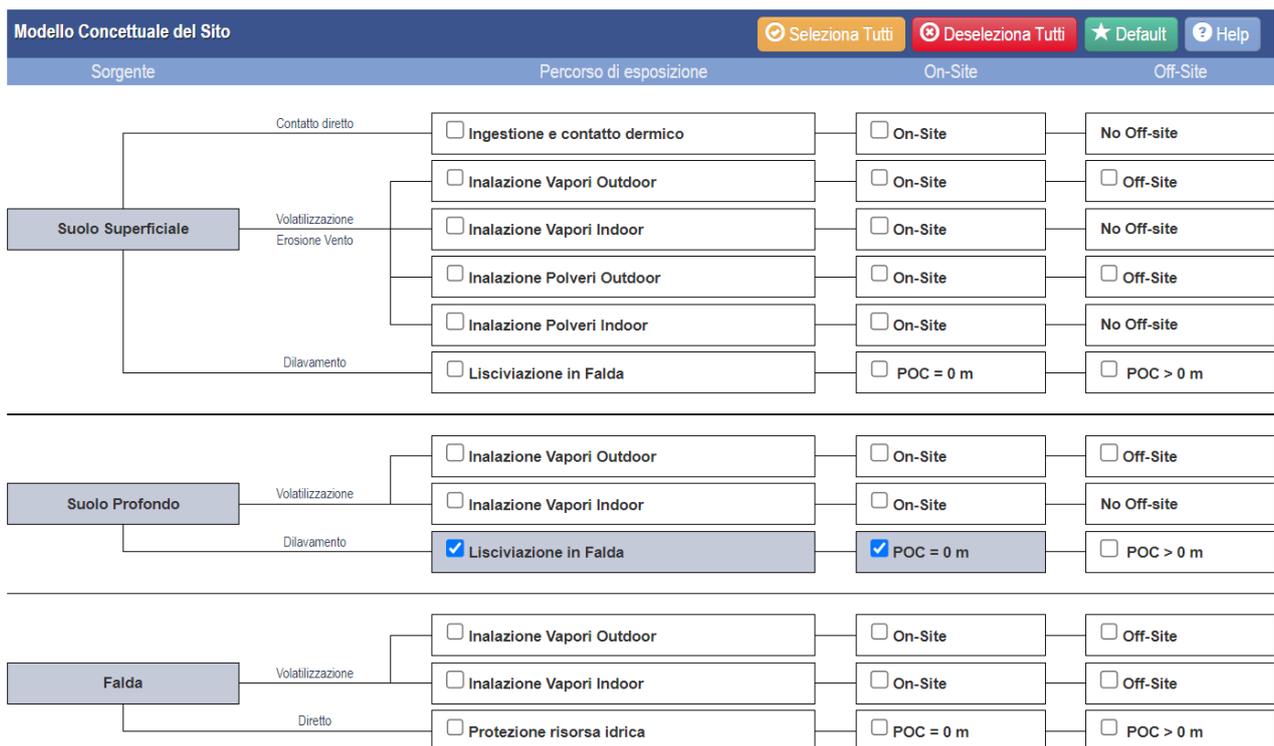


Fig. 7.2 – Software Risk-net ver.3.2 pro: Modello concettuale del sito di indagine con indicazione della sorgente, del percorso di esposizione e del target selezionati.



Fig. 7.3 – Software Risk-net ver.3.2 pro: Selezione del recettore per la valutazione on-site del rischio per le acque sotterranee (Risorsa Idrica).

7.2 Parametri di input

7.2.1 Contaminanti indicatori

Ai fini dell'AdR, il **CrVI (Numero C.A.S. 18540-29-9)** é stato assunto come unico contaminante indicatore. In base alle specifiche caratteristiche di acidit  (pH) dei suoli inclusi nella sorgente (**cf. par. 7.2.4.2**), al CrVI é stata associata una costante sito-specifica di ripartizione suolo/acqua (**Kd[pH]**) pari a 15 l/kg.

7.2.2 Concentrazione in sorgente

Sulla scorta del riscontro del superamento della CSC per il CrVI nel solo campione di suolo prelevato dal sondaggio S11 alla profondit  compresa tra 2 e 3,5 m. dal p.c., tutti i dati disponibili (i.e., analisi prodotte da Ceris SpA ed analisi prodotte da ARPAC) per lo stesso campione sono stati utilizzati ai fini della determinazione del valore rappresentativo alla sorgente (CRS).

Considerato che il superamento della CSC per il CrVI é relativa ad un unico sondaggio, la stima del relativo valore CSR é avvenuto mediante approccio non statistico ponendo il valore pari alla massima concentrazione (**CRS = C_{max} = 37 mg/kg**) riscontrata nei campioni associati alla sorgente secondaria di contaminazione (**Tab 6.1**).

Sond.	Lab.	Q. iniziale (m. p.c.)	Q. finale (m. da p.c.)	Spessore (m)	Scheletro (g/kg)	pH	Residuo secco (105° C) %	Carbonio organico g/kg	CrVI mg/kg
S11	CERIS	2	3,5	1,5	409	7,93	72,20	22,8	0,1*
S11	ARPAC	2	3,5	1,5	143	NA	68,60	NA	37,2

**I valori con asterisco sono riportati nei certificati analitici come inferiori ai limiti di quantificazione (LOQ = 0,1) e sono stati posti, per tanto, pari a quest'ultimo.*

Tab. 7.1 – Concentrazione di CrVI relative alla sorgente di contaminazione posta nei suoli profondi del sondaggio S11. Sono riportate a corredo, informazioni relative al laboratorio di origine delle determinazioni analitiche, alla profondit  ed allo spessore di riferimento dei prelievi, i valori composizionali dello scheletro (in g/kg), del carbonio organico (in g/kg), del residuo secco (in %) ed i valori di pH del suolo.

7.2.3 Fattori di esposizione (umana)

In considerazione del target stabilito per la valutazione del rischio nel quadro specifico della presente AdR (i.e., **il rischio per la falda**), non si è proceduto ad alcuna determinazione di valori di riferimento per i fattori riferiti ad una potenziale esposizione umana.

7.2.4 Parametri del sito

7.2.4.1 Geometria della sorgente

Per la definizione delle aree di pertinenza di ciascun sondaggio effettuato nelle due fasi di caratterizzazione, in ambiente GIS (Software QGis 3.2), è stata utilizzata la tecnica dei poligoni di Thiessen (Fig. 7.4).

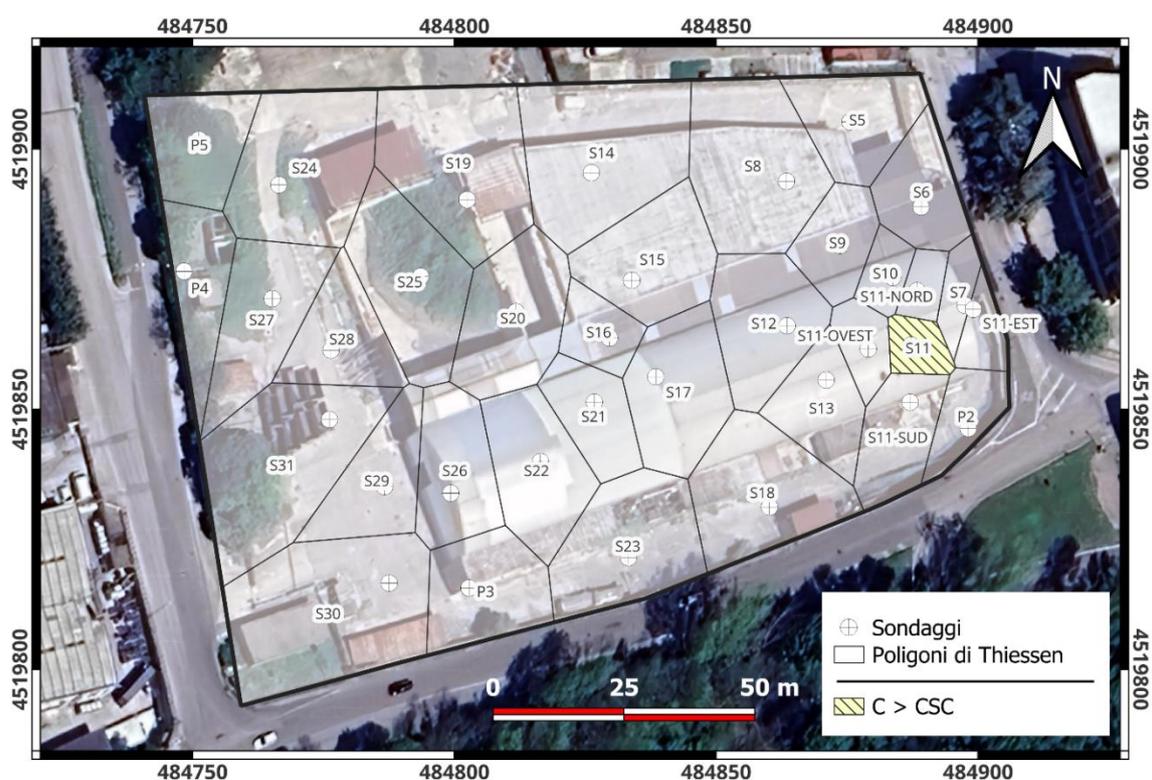


Fig. 7.4 – Distribuzione dei poligoni di Thiessen in relazione ai punti di ubicazione dei sondaggi realizzati durante la prima e la seconda fase di caratterizzazione. Il poligono con campitura obliqua e fondo giallo corrisponde all'estensione in superficie della sorgente di contaminazione.

In considerazione del confronto dei risultati analitici con i valori soglia (CSC) di cui alla colonna B del D.Lgs. 152/2006 Allegato 5, Parte IV, Tabella 1, (cfr. par. 5.1), l'estensione superficiale della sorgente è stata assimilata a quella del poligono di pertinenza del sondaggio S11.

Nello specifico, **l'estensione della sorgente nella direzione principale del flusso di falda è stata stimata in 12 m . (Fig. 6.5).**

Lo **spessore della sorgente è stato posto pari a 1,5 m** in coerenza con l'intervallo di prelievo del **campione di suolo profondo risultato potenzialmente contaminato (Fig. 6.5)**.

In linea con quanto riportato dalla “Carta dei complessi idrogeologici” allegata al Piano Urbanistico Comunale la **soggiacenza della falda è stata posta a 90 m dal p.c. (cfr. par. 4)**.

Geometria Sorgenti		Zona Insatura (Suoli)		Zona Saturata			
Geometria Sorgenti		★ Default		Copia tabella		Help	
Descrizione		Valore					
Parametro	Simbolo	Default	Sito-Specifico	UM	check		
Geometria Sorgenti							
Definisci geometria sorgenti nei suoli		<input checked="" type="checkbox"/> Stessa dimensione per tutte le sorgenti					
Estensione della sorgente nella direzione del flusso di falda	W	45	12	m	✓		
Estensione della sorgente nella direzione ortogonale al flusso di falda	Sw	45	45	m	✓		
Altezza della zona di miscelazione in aria	δair	2	2	m	✓		
Estensione della sorgente nella direzione principale del vento	W'	45	45	m	✓		
Estensione della sorgente nella direzione ortogonale al vento	Sw'	45	45	m	✓		
Suolo Superficiale							
Profondità del top della sorgente nel suolo superficiale rispetto al p.c.	Ls,SS	0	0	m	✓		
Spessore della sorgente nel suolo superficiale insaturo	d	1	1	m	✓		
Suolo Profondo							
Profondità del top della sorgente nel suolo profondo rispetto al p.c.	Ls,SP	1	2	m	✓		
Spessore della sorgente nel suolo profondo insaturo	ds	2	1,5	m	✓		
Falda							
Soggiacenza della falda da p.c.	Lgw	3	90	m	✓		

Fig. 7.5 – Software Risk-net ver.3.2 pro: Geometria della sorgente. In arancione tenue sono riportati i valori specifici del sito calcolati sulla scorta di dati acquisiti nell'ambito della caratterizzazione, ad eccezione della soggiacenza della falda desunta dalla relazione tecnico-descrittiva dello studio geologico-tecnico incluso nel PUC di Solofra.

7.2.4.2 Zona insatura (Suoli)

I parametri utili a definire le caratteristiche della zona insatura, laddove la disponibilità di dati raccolti in fase di caratterizzazione o l'esistenza di fonti locali attendibili lo hanno permesso, sono stati determinati in maniera specifica sempre mantenendo un approccio di massima conservatività in linea con le indicazioni di APAT (2008b).

Laddove non è stata riscontrata la disponibilità di dati locali sono stati utilizzati, ove permesso dalle linee guida, i valori di letteratura (Default) proposti sempre da APAT (2008b, Tab 5.1) (Fig. 7.6).

Geometria Sorgenti		Zona Insatura (Suoli)		Zona Saturata	
Zona Insatura (Suoli)					
Descrizione		Valore			
Parametro	Simbolo	Default	Sito-Specifico	UM	check
Tessitura della Zona Insatura					
Seleziona la tessitura rappresentativa del suolo insaturo		★ USDA	Silt Loam		
Porosità efficace del terreno in zona insatura	θ_e	Letteratura	0.383	-	✓
Contenuto volumetrico di acqua nel suolo	θ_w	Letteratura	0.255	-	✓
Contenuto volumetrico di aria nel suolo	θ_a	Letteratura	0.128	-	✓
Contenuto volumetrico di acqua nella frangia capillare	$\theta_{w,cap}$	Letteratura	0.297	-	✓
Contenuto volumetrico di aria nella frangia capillare	$\theta_{a,cap}$	Letteratura	0.086	-	✓
Spessore della frangia capillare	hcap	Letteratura	0.682	m	✓
Carico idraulico critico (potenziale di matrice)	hcr	Letteratura	-0.3621	m	✓
Conducibilità idraulica del terreno nella zona insatura	Ksat,s	Letteratura	1.25e-6	m/s	✓
Coefficiente Empirico per calcolo infiltrazione	β	Letteratura	0.0009	-	✓
Battente idrico in superficie	Hw	0.25	0,25	m	✓
Caratteristiche della Zona Insatura					
Densità apparente del suolo	ρ_s	1.7	1,69	g/cm ³	✓
pH del suolo	pH	6.8	7,7	-	✓
Frazione di carbonio organico - suolo superficiale	foc,SS	0.01	0,01	g/g	✓
Frazione di carbonio organico - suolo profondo	foc,SP	0.01	0,006	g/g	✓
Frazione residua dei pori nel suolo (per calcolo Cres)	Sr	0.04	0,04	m	✓
Spessore della zona insatura	hv	Calcolato	89.318	m	✓
Infiltrazione nel sottosuolo					
Calcola l'infiltrazione efficace nel suolo		<input checked="" type="checkbox"/> Calcolato			
Piovosità media annua	P	129	179	cm/y	✓
Frazione areale di fratture outdoor	η_{out}	1	0,3	-	✓
Infiltrazione efficace nel suolo	lef	Calcolato	8.65	cm/y	✓
Telo in HDPE o strato a bassa permeabilità tra la sorgente e la falda (lisciviazione da suolo in falda)		<input type="checkbox"/> Inserisci			
Altri parametri intermedi					
Spessore della zona di miscelazione in falda	δ_{gw}	Calcolato	1.35	m	no check
Fattore di diluizione in falda	LDF	Calcolato	17.60	-	no check

Fig. 7.6 – Software Risk-net ver.3.2 pro: Caratteristiche della zona insatura. In arancione tenue sono riportati i valori specifici del sito calcolati sulla scorta di dati acquisiti nell’ambito della caratterizzazione o di studi locali.

- Tessitura della zona insatura

La tessitura dei terreni in zona insatura, in assenza di dati determinati direttamente sui campioni prelevati nell’ambito del piano di caratterizzazione, è stata determinata a partire dalle analisi granulometriche prodotte nell’ambito delle indagini geologiche realizzate per la

stesura del PUC del comune di Solofra. Nello specifico, i dati granulometrici relativi al campione n.1 (prof. 4.00-4.40 m) del sondaggio S6p, realizzato in materiali alluvionali della stessa natura di quelli costituenti l'area di sedime del sito d'indagine ad una distanza di circa un chilometro da quest'ultimo, sono stati considerati maggiormente rappresentativi delle condizioni del sito stesso (**Fig. 7.7**) (**Allegato 4**).

Nello specifico il campione usato come riferimento presenta una quantità di:

- argilla (diametro inferiore a 0,002 millimetri) pari al 17.12 %
- limo (da 0,002 a 0,05 millimetri di diametro) pari a 58.44 %
- sabbia (da 0,05 a 2 millimetri di diametro) pari al 23.76
- ghiaia (> 2 millimetri di diametro) pari a 0.68%

Per tanto, esso può essere classificato, secondo la definizione A.G.I., come **“Limo Argilloso Sabbioso”** e, secondo la metodologia U.S.D.A., usando solo argilla, limo e sabbia, come **“Silt Loam”**. Ambedue le classificazioni risultano coerenti con la classificazione qualitativa fatta in campo, in fase di prelievo, del campione S11 (prof. 2.00-3.5 m) per il quale è riportata la descrizione **“Limo con sabbia”** (**Fig. 6.1**).

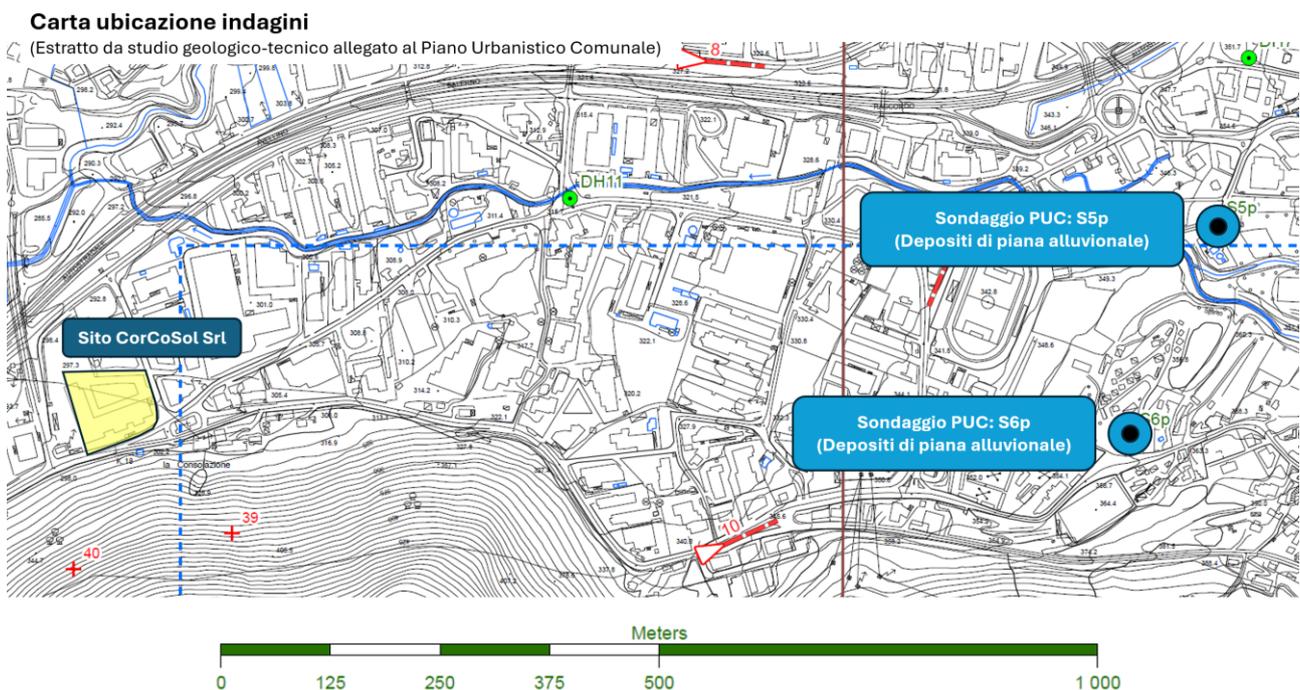


Fig. 7.7 – Ubicazione delle indagini relative al Piano Urbanistico Comunale realizzate negli stessi materiali geologici costituenti l'area di sedime del sito Cor.Co.Sol. SpA.

- Caratteristiche della zona insatura

La densità apparente del suolo (ρ_s) ai fini dell'AdR è stata posta a **1,69 g/cm³ (16.60 kN/m³)** (**Allegato 4**), sulla scorta delle informazioni ottenute dalle indagini di laboratorio realizzate sul campione n.1 (prof. 4.00-4.40 m) del sondaggio S6p estratto dal PUC,

Il **pH**, determinato dal laboratorio CERIS SpA su tutti i campioni analizzati in ambito di caratterizzazione (**Allegato 3**), è stato posto a **7,7** utilizzando, per conservatività, il valore minimo riscontrato in tutti i campioni relativi al suolo profondo e coinvolti nella geometria della sorgente.

Parimenti, la **frazione di carbonio organico (f_{oc})**, determinato dal laboratorio CERIS srl su tutti i campioni analizzati in ambito di caratterizzazione (**Allegato 3**), è stato posto a **0,006 g/g** utilizzando, per conservatività, il valore minimo riscontrato in tutti i campioni relativi al suolo profondo e coinvolti nella geometria della sorgente.

- Infiltrazione nel sottosuolo

La **piovosità media annua (P)** è stata posta a **178 cm/anno** determinata utilizzando i dati pluviometrici prodotti dal Centro Funzionale Multirischi della Regione Campania per il decennio 2013-2023 (<https://centrofunzionale.regione.campania.it/>) per la stazione di Solofra (Quota 534 m, Lat. 40.823600, Lon. 14.855000) (**Allegato 5**).

La **frazione areale di fratture (η_{out})** è stata posta in maniera arbitraria, con approccio oltremodo cautelativo (come specificato nel paragrafo §6.1), a **0,3**. Nello specifico, il parametro rappresenta l'ipotetico rapporto esistente tra l'area delle parti non pavimentate e/o delle fratture esistenti e l'area totale della superficie oggetto di analisi. Il valore specifico inserito presuppone che per un metro quadrato di superficie vi sia un terzo di essa oggetto di infiltrazione, il che non corrisponde allo stato reale dei luoghi (**Figg. 7.8, 7.9**).

In ragione dei parametri inseriti, **l'infiltrazione efficace nel suolo** è stata stimata in **8,65 cm/anno**.

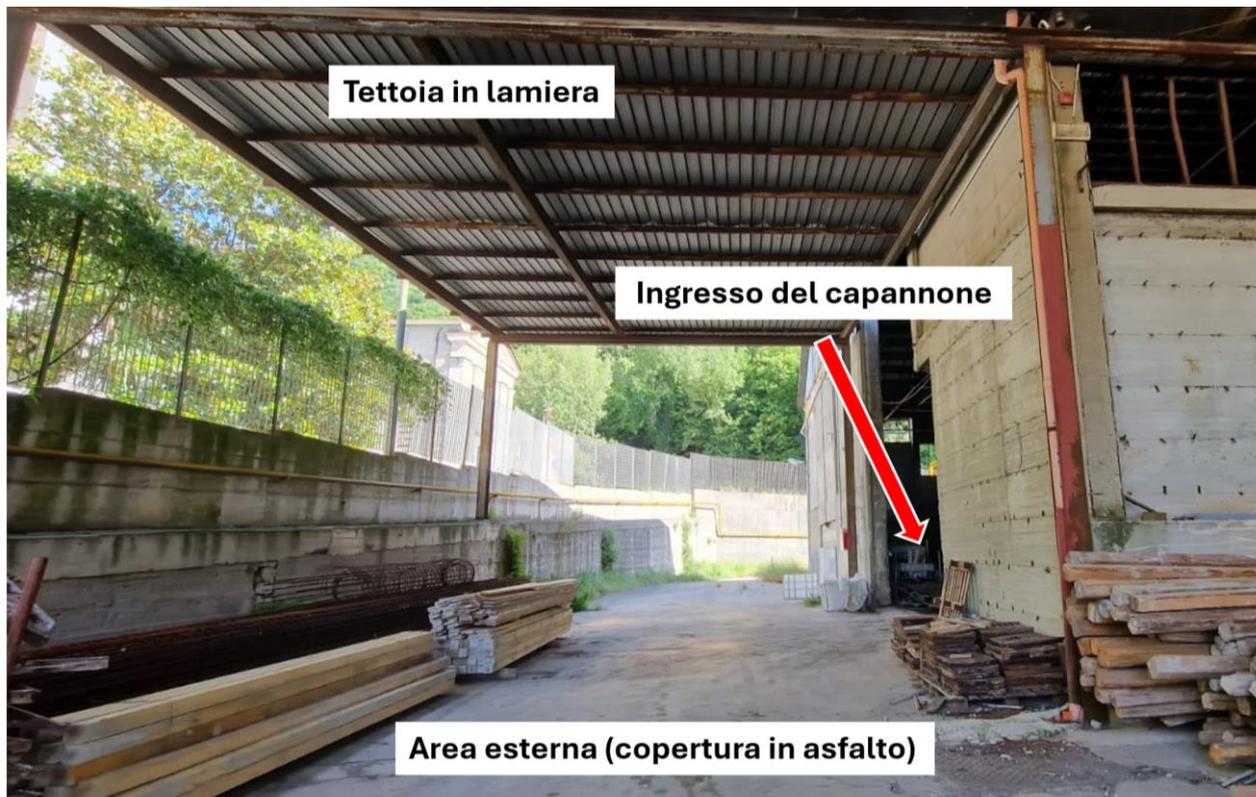


Fig. 7.8 – Rilievo fotografico della zona esterna dell’edificio all’interno del quale è presente la sorgente di contaminazione.

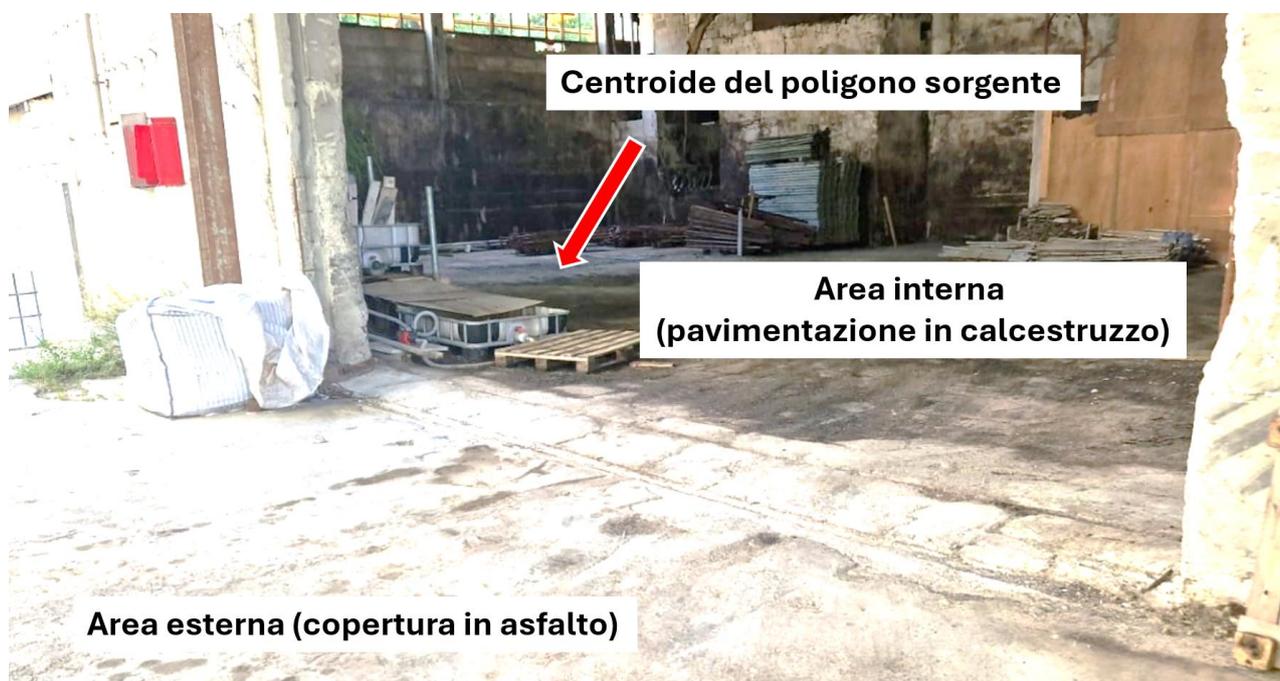


Fig. 7.9 – Rilievo fotografico della zona esterna ed interna all’edificio dove è presente la sorgente di contaminazione. Risulta evidente che sia la superficie esterna che quella interna sono pavimentate e che le superfici presentano un numero esiguo di discontinuità. Le superfici interne (indoor), per definizione, non dovrebbero essere oggetto di infiltrazione da parte delle acque meteoriche in ragione delle coperture a tetto.

7.3 Risultati

I risultati dell'AdR basati sui dati in input relativi al MCS utilizzato (cfr. par. 7.2) hanno prodotto un valore del rischio (Rgw) per la falda inferiore a 1 (i.e., 0,473) che è da ritenersi accettabile ai fini dell'uso idropotabile della risorsa idrica (Fig. 7.10).

Suolo Profondo

Rischio da Suolo Profondo									
Contaminante	CRS	f	CRS/f	Csat	Cres	R (HH)	HI (HH)	Rgw (GW)	Percorsi critici
	mg/kg		mg/kg	mg/kg	mg/kg	-	-	-	-
Cromo VI	3.70e+1		3.70e+1	-	-	-	-	4.73e-1	

Fig. 7.10 – Software Risk-net ver.3.2 pro: Risultati della valutazione del rischio originato dal suolo profondo. Il MCS utilizzato ha valutato l'impatto sulla falda della contaminazione riscontrando valori accettabili del rischio ($R_{gw} < 1$)

Nello specifico, per il Cromo VI, la cui CRS è stata posta a 37 mg/kg nei suoli profondi, il valore atteso di concentrazione in falda è di **0,00236 mg/l (2,36 µg/l)** che è ampiamente al disotto del di **0,005 mg/l (5 µg/l)**, valore di CSC fissato in tabella 2 del D.Lgs. 152/2006, Allegato 5, Parte IV (Fig. 7.11).

Da Suolo Profondo

Concentrazione al POE - Percorso da Suolo Profondo							
Contaminante	CRS	Csat	On-site			Off-site	
			Vapori Outdoor	Vapori Indoor	Falda	Vapori Outdoor	Falda
			mg/m ³	mg/m ³	mg/L	mg/m ³	mg/L
Cromo VI	3.70e+1	-	-	-	2.36e-3	-	-

Fig. 7.10 – Software Risk-net ver.3.2 pro: Stima del valore di Cr VI atteso in falda in base al MCS utilizzato.

Perché vi possa essere una condizione di inaccettabilità del rischio in falda le concentrazioni alla sorgente dovrebbero essere pari o superiori a 78.2 mg/kg che per il MCS definito nella presente analisi rappresentano le concentrazioni Soglia di Rischio (CSR) (Fig. 7.12).

CSR per il Suolo Profondo							Copia tabella	Help
Contaminante	CRS	Csat	Cres	CSC	CSR (HH) 	CSR (GW) 	CSR	
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	
Cromo VI	37	-	-	1.50e+1	-	78.2	78.2	

Fig. 7.11 – Software Risk-net ver.3.2 pro: Stima del valore di CSR per Cr VI in sorgente (Suolo profondo).

8. Conclusioni

L'analisi di rischio elaborata secondo quanto riportato nell'Allegato 1 al Titolo V della Parte Quarta del D.Lgs. 152/2006 ed in ottemperanza al comma 43 dell'Art. 2 del D.Lgs. 04/08 e alle informazioni contenute nel manuale "Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati" (Rev.2, Marzo 2008) (APAT, 2008a), è stata applicata in modalità diretta (*forward mode*) ed in modalità inversa (*backward mode*) alla **sorgente di contaminazione secondaria rappresentata dal "Suolo Profondo"**.

Il MCS ha individuato la lisciviazione in falda come unico percorso di esposizione valido ed ha permesso di stimare un valore di concentrazione del CrVI al POC tale da generare un valore di **rischio (0.473) accettabile per la risorsa idrica**.

In conseguenza di quanto sopra, in modalità inversa, le **CSR calcolate per il suolo profondo sono risultate pari a 78.2 mg/kg**, valore **ampiamente al di sopra delle CRS calcolate**.

In accordo a quanto riportato all'Art. 240 comma 1, lettera-e del Titolo V alla Parte Quarta del D.Lgs. 152/2006, **l'area in oggetto è da considerarsi non contaminata**.

In **Fig. 8.1** è riportata una sintesi grafica, non in scala, del modello di trasporto dei contaminanti con indicazioni delle concentrazioni misurate o calcolate e dei valori di CSR.

Resta inteso che in caso di mutamento della destinazione e/o utilizzo del sito si renderà necessario una valutazione di rischio integrativa.

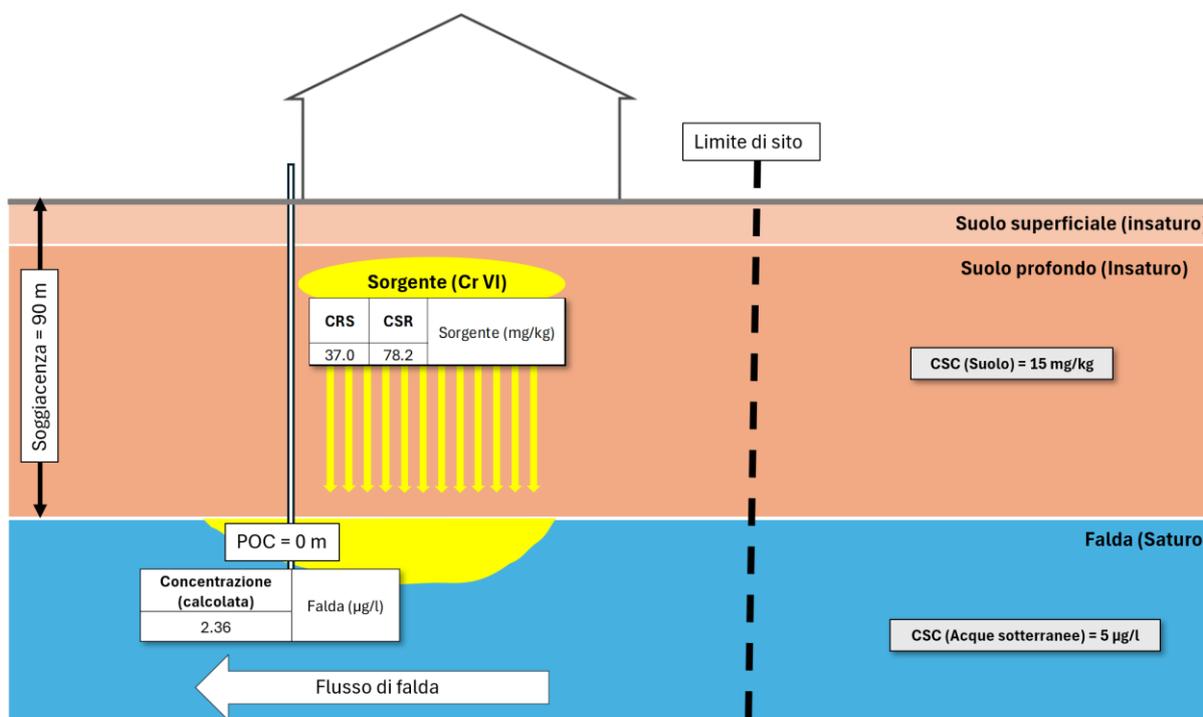


Fig. 8.1 – Sintesi grafica, non in scala, del modello di trasporto dei contaminanti con indicazioni delle concentrazioni misurate o calcolate e dei valori stimati di CSR.

9. Bibliografia

- ISS-INAIL, 2018. Banca dati ISS-INAIL, Documento Di Supporto. (Disponibile all'indirizzo web: https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/suolo-e-territorio/siti-contaminati/banca_dati_documento_supporto_marzo_2018.pdf) (Ultimo accesso in data 02.06.2024)
- APAT, 2008a. Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati (Rev. 2, Marzo 2008).
- De Vivo et al., 2021. Monitoraggio geochimico-ambientale dei suoli della regione Campania. Progetto Campania Trasparente. Volume I. Aracne Editrice, Roma, pp. 592
- APAT, 2008b. 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 (Giugno 2008).