



CONSORZIO DI BONIFICA DELL'UFITA



**Regione Campania**  
**Comune di Ariano Irpino**



**Progetto di bonifica/messa in  
sicurezza della ex discarica di  
"Madonna dell'Arco"  
in Ariano irpino**

**ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA**

CUP I97C20000040001

CIG B2CB6C6EC2

Proponente:

Consorzio di bonifica dell'Ufita

Via Aldo Moro, 58

83035 - Grottaminarda (Av)

Telefono: 0825.441040

e.mail: [bonifica.ufita@gmail.com](mailto:bonifica.ufita@gmail.com)

pec: [bonifica.ufita@pec.it](mailto:bonifica.ufita@pec.it)



Il Tecnico:

Ing. Paolo Caira



Il RUP

Ing. Marcella Lo Conte

Commessa: **0823\_2PC**

Revisione: **0**

Data: Agosto **2024**

Allegato

**Rel 01**

Nome File documento

**0823PC-REL01-ADR-0**



**STUDIO DI INGEGNERIA AMBIENTALE**

Via dei Sanniti, 217 - 03042 Atina (Fr) - Tel 335.230626 - Fax 0776.610843

E mail: [paoloc@csoft.it](mailto:paoloc@csoft.it) - P.Iva 01726380601 - Albo Fr. N.717

## Sommario

1. Premesse .....	5
1.1. Storia e caratteristiche del sito.....	5
1.2. Attività pregresse nel sito – Iter amministrativo.....	8
1.2.1 Piano di caratterizzazione dei rifiuti 2006/2008 .....	11
1.2.2 Adeguamento ed integrazione piano caratterizzazione (2015-2016).....	12
1.2.3 Piano integrativo di caratterizzazione - Campagna rilevamenti 2022-2024 .....	12
1.3. Normativa e documentazione tecnica di riferimento .....	12
1.4. Struttura del documento.....	14
2. Assunzioni di base e metodologiche .....	16
2.1 Ipotesi generali di lavoro e limitazioni .....	16
2.2 Metodologia di svolgimento dell'analisi .....	16
3. Modello concettuale del sito.....	18
3.1 Descrizione e contesto del sito .....	18
3.1.1 Inquadramento geografico.....	18
3.1.2 Parametri meteorologici d'interesse per l'Analisi.....	20
3.2 Inquadramento geologico ed idrogeologico locali .....	22
3.2.1 Geologia .....	22
3.2.2 Stratigrafia dell'area interessata .....	24
3.2.3 Idrologia locale .....	25
3.2.4 Caratteristiche idrogeologiche di interesse per l'Analisi di Rischio .....	26
3.3 Sintesi dello stato qualitativo del suolo e sottosuolo .....	28
3.3.1 Sintesi dello stato qualitativo dei terreni - Matrice suolo superficiale e profondo .....	28
3.3.2 Sintesi dello stato qualitativo delle acque di falda – Matrice acque.....	31
3.3.3 Parametri sito specifici .....	32
3.4 Sorgenti di contaminazione ed inquinanti indicatori .....	35



3.4.1	Sorgenti di contaminazione .....	35
3.4.2	Geometria delle sorgenti.....	36
3.4.2.1	Matrice suolo .....	36
3.4.2.2	Matrice acque sotterranee.....	39
3.4.3	Sostanze indice di contaminazione e concentrazioni rappresentative .....	46
3.5	Recettori e punto di conformità.....	49
3.6	Percorsi di esposizione e migrazione .....	51
4.	<i>Analisi di rischio - Risultati</i> .....	54
4.1	Risultati delle valutazioni dei rischi in modalità diretta .....	55
4.1.1	Terreni insaturi.....	55
4.1.2	Acque sotterranee.....	57
4.2	Risultati delle valutazioni delle CSR in modalità inversa.....	60
4.2.1	Terreni insaturi.....	60
4.2.2	Acque sotterranee.....	60
5.	<i>Conclusioni</i> .....	62
5.1	Valutazione critica dei risultati dell'analisi .....	62
5.2	Prime ipotesi di intervento per la bonifica/MISP del sito.....	65
6.	<i>Allegati</i> .....	67
6.1	Stralcio PUC Ariano Irpino.....	67
6.2	Tabelle parametri analizzati .....	68
6.3	Parametri tossicologici contaminati indice .....	70
6.4	Stato della contaminazione – Matrice Suolo .....	71
6.5	Stato della contaminazione – Matrice Acque .....	72
7.	<i>Tavole</i> .....	73



## Figure

Figura 1.1 - Muraglione e briglie realizzate nei primi anni del 1900.....	5
Figura 1.2 – Mappa del sito da rilievo aerofotogrammetrico (1986) – Perimetrazione in verde.....	6
Figura 1.3 - Ortofoto luglio/agosto 1988: evidenziata in giallo l'area interessata dalla frana.....	7
Figura 1.4 - Rilievo aerofotogrammetrico ottobre/novembre 1998.....	8
Figura 3.1 – Localizzazione dell'area – Fonte: Google Earth.....	19
Figura 3.2 – Grafico e tabellazione dei valori relativi alla direzione prevalente del vento.....	22
Figura 3.3 – Carta Geolitologica dell'area d'interesse.....	23
Figura 3.4 – Idrologia locale – Sorgenti a monte del sito.....	26
Figura 3.5 – Diagramma triangolare delle tessiture (Secondo USDA).....	33
Figura 3.6 – Area del sito con indicazione di direzione del vento, deflusso delle acque di falda e del POC...	50
Figura 3.7 - Percorsi di esposizione e migrazione matrice suolo superficiale.....	52
Figura 3.8 - Percorsi di esposizione e migrazione matrice suolo profondo.....	53
Figura 3.9 - Percorsi di esposizione e migrazione matrice acque sotterranee.....	53

## Tabelle

Tabella 1.1 – Parametri d'interesse per l'AdR – Matrice suolo.....	13
Tabella 1.2 -- Parametri d'interesse per l'AdR – Matrice acque.....	14
Tabella 3.1 – Dati pluviometrici cumulativi stazione di Flùmeri.....	20
Tabella 3.2 - Dati della velocità del vento stazione di Flùmeri.....	21
Tabella 3.3 – Valori del parametro “p” per le sei classi di stabilità atmosferica.....	21
Tabella 3.4 – Riepilogo valori idrologici d'interesse per la AdR.....	28
Tabella 3.5 – Sondaggi e prelievi aggiuntivi (2015).....	29
Tabella 3.6 – Riepilogo superamenti CSC – Matrice suolo.....	30
Tabella 3.7 – Riepilogo superamenti CSC per le acque sotterranee.....	32
Tabella 3.8 – Riepilogo delle granulometrie ricavate dalle indagini eseguite nel sito.....	33
Tabella 3.9 – Riepilogo delle densità sito-specifiche rilevate.....	34
Tabella 3.10 – Riepilogo dei valori del pH sito-specifici.....	34
Tabella 3.11 – Riepilogo sostanze indice nella matrice suolo.....	47
Tabella 3.12 - Riepilogo sostanze indice nella matrice acque sotterranee.....	48
Tabella 4.1 – Riepilogo valutazione dei rischi sanitari ed ambientali nei terreni insaturi (Suolo profondo) – Modalità diretta.....	56
Tabella 4.2 - Rischi sanitari associati alle concentrazioni rappresentative della sorgente nelle acque sotterranee.....	59
Tabella 4.3 – Riepilogo CSR cumulate per i terreni insaturi.....	60
Tabella 4.4 – Riepilogo CSR cumulate per le acque sotterranee.....	61

## Tavole

Tavola 1 – Inquadramento geografico.....	73
Tavola 2 – Planimetria suddivisione aree del sito.....	73
Tavola 3 – Planimetria riepilogo punti di prelievo e tabella risultati analitici.....	73



## 1. Premesse

Nel presente documento viene sviluppata l'Analisi di Rischio sito specifica ai sensi del D.Lgs.152/06 e s.m.i. (di seguito AdR) per i terreni insaturi e acque di falda dell'area denominata Fosso Madonna dell'Arco, ubicata in territorio del Comune di Ariano Irpino (Av), così come individuata e descritta in dettaglio nel seguito del documento.

### 1.1. Storia e caratteristiche del sito

Il "Fosso Madonna dell'Arco" fin dagli inizi del secolo scorso, dopo la realizzazione dei lavori al "BURRONE" diretti dall'ing. capo del Genio Civile, Francesco Giancola (1902-1909) - (Figura 1.1), è stato utilizzato nel corso degli anni come discarica del Comune di Ariano Irpino per Rifiuti Solidi Urbani, demolizioni e terreni derivanti da sbancamenti, specie a seguito dei terremoti del 1930, 1962 e 1980.

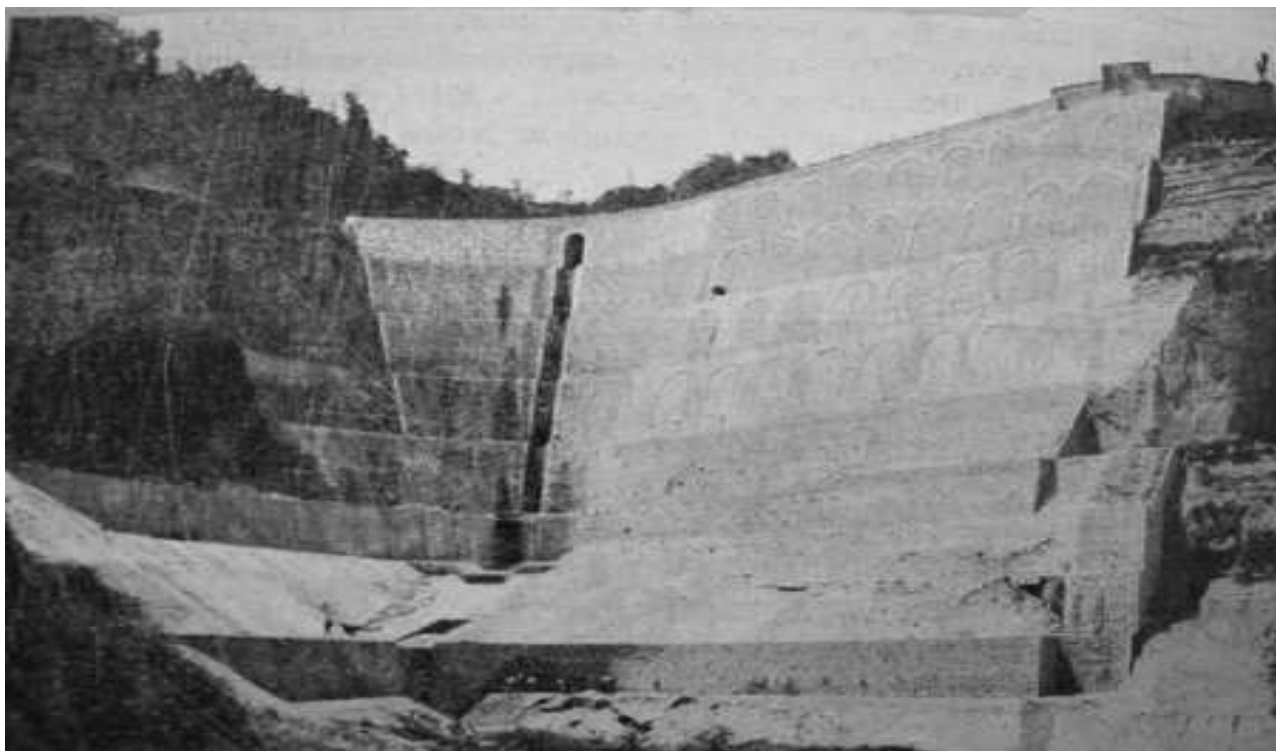


Figura 1.1 - Muraglione e briglie realizzate nei primi anni del 1900

Accumuli e sversamenti si sono susseguiti nel corso degli anni in modo incondizionato fino al mese di giugno del 1988, quando si è verificato un evento franoso di grandi dimensioni che ha modificato completamente la geometria e le condizioni di stabilità dell'ammasso presente all'epoca essenzialmente nella parte alta della discarica. Si innescò, quindi, una frana che, all'improvviso e con violenza inaudita, portò al distacco ed allo scivolamento verso valle di una ingente quantità di materiale vario lungo una superficie di scorrimento di neoformazione molto prossima, quanto meno nella zona di nicchia, alla superficie di contatto tra il terreno sabbioso-arenaceo di fondo in loco e la spessa copertura di rsu.;

Lo sversamento dei rifiuti, immediatamente prima della frana, avveniva quasi in piano rispetto al piazzale esistente e si spingeva verso i muraglioni, da un lato, e verso i costoni Est ed Ovest dall'altro (Figura 1.2).

Considerata l'orografia della zona per come appare oggi, il loro volume era schematizzabile e calcolabile all'incirca come quello di un "tronco di piramide a base triangolare capovolta" in cui



- la base superiore, a quota 695 m.s.l.m., misurava approssimativamente 14.000 m<sup>2</sup>,
- quella inferiore, a quota 660 m.s.l.m., aveva una superficie pari a circa 7.500 m<sup>2</sup>,
- per un'altezza media uguale alla differenza di quota (695-660)m.s.l.m.= 35 m.

Con la formula  $V=1/3 * h * [Abmag + Abmin + (Abmag * Abmin) - 2]$

Si calcola per l'ammasso di RSU un volume approssimativo pari a circa 250.000 m<sup>3</sup>.

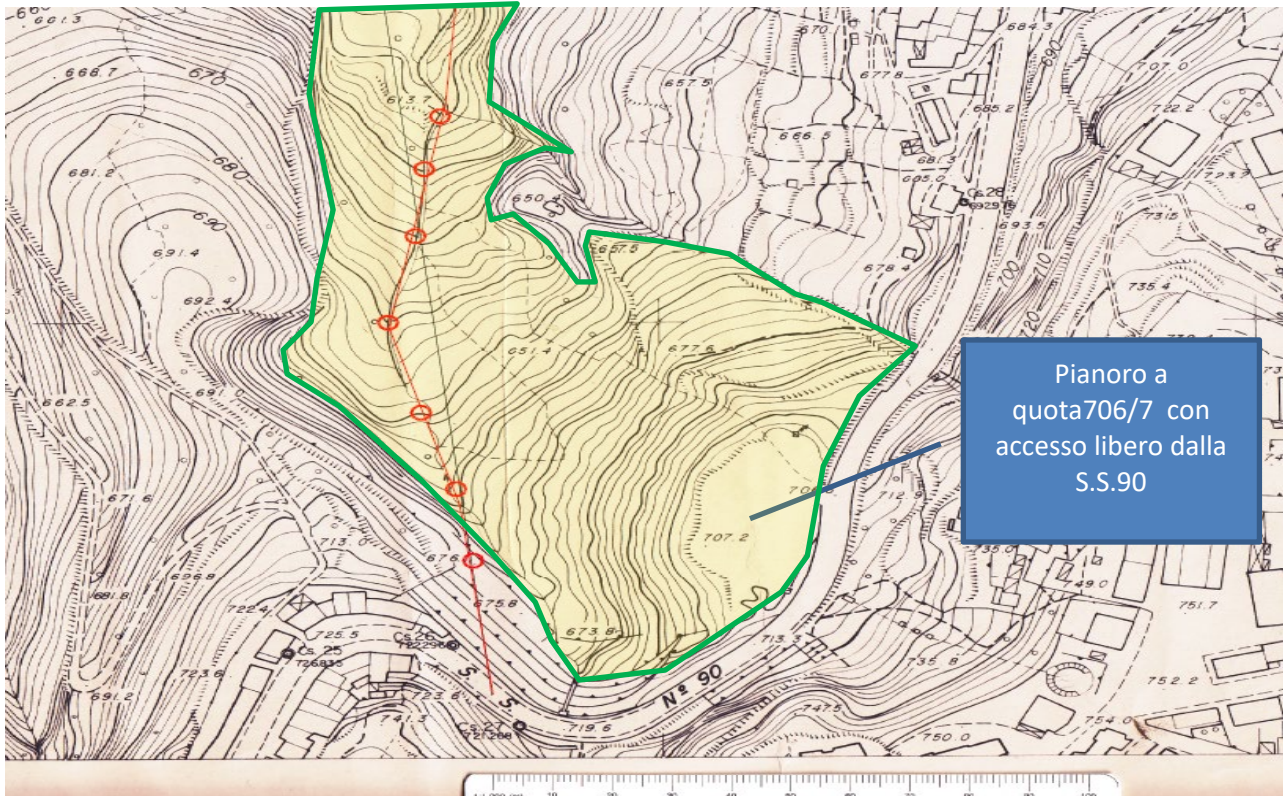


Figura 1.2 – Mappa del sito da rilievo aerofotogrammetrico (1986) – Perimetrazione in verde.

Il cumulo di frana era costituito da materiale di varia natura (fondamentalmente prodotti organici in decomposizione e/o mineralizzati, indifferenziati, plastica, materiali edili di natura varia derivanti da demolizioni post-terremoto, rifiuti ingombranti, batterie esauste, pneumatici etc...), particolarmente fluido, capace perciò di scorrere velocemente all'interno del vallone verso valle come una vera e propria "colata di fango". L'elevata mobilità del cumulo è attribuibile

- alla presenza di materiali fortemente imbibiti con scarsa coesione tra i vari componenti;
- costituenti l'ammasso;
- alla considerevole pendenza del vallone;
- alla presenza, nella parte centrale dello stesso, di terreni fortemente imbibiti che funzionarono da "lubrificante" riducendo l'attrito tra la massa in movimento ed i terreni sottostanti.

Questa enorme colata di fango (si trattava all'incirca come calcolato di 250mila m<sup>3</sup>. di materiale vario che, per un peso specifico stimato pari a 700Kg/mc, corrispondono a circa 175mila ton. in movimento) travolse e distrusse tutto ciò che incontrò nello scorrimento verso valle, arrestandosi solo quando la sua inerzia diminuì per la minore pendenza dell'alveo e per la presenza di vegetazione arborea in loco, fattori, questi ultimi, che riuscirono in qualche modo a bilanciare ed arginare la sua forza devastante.

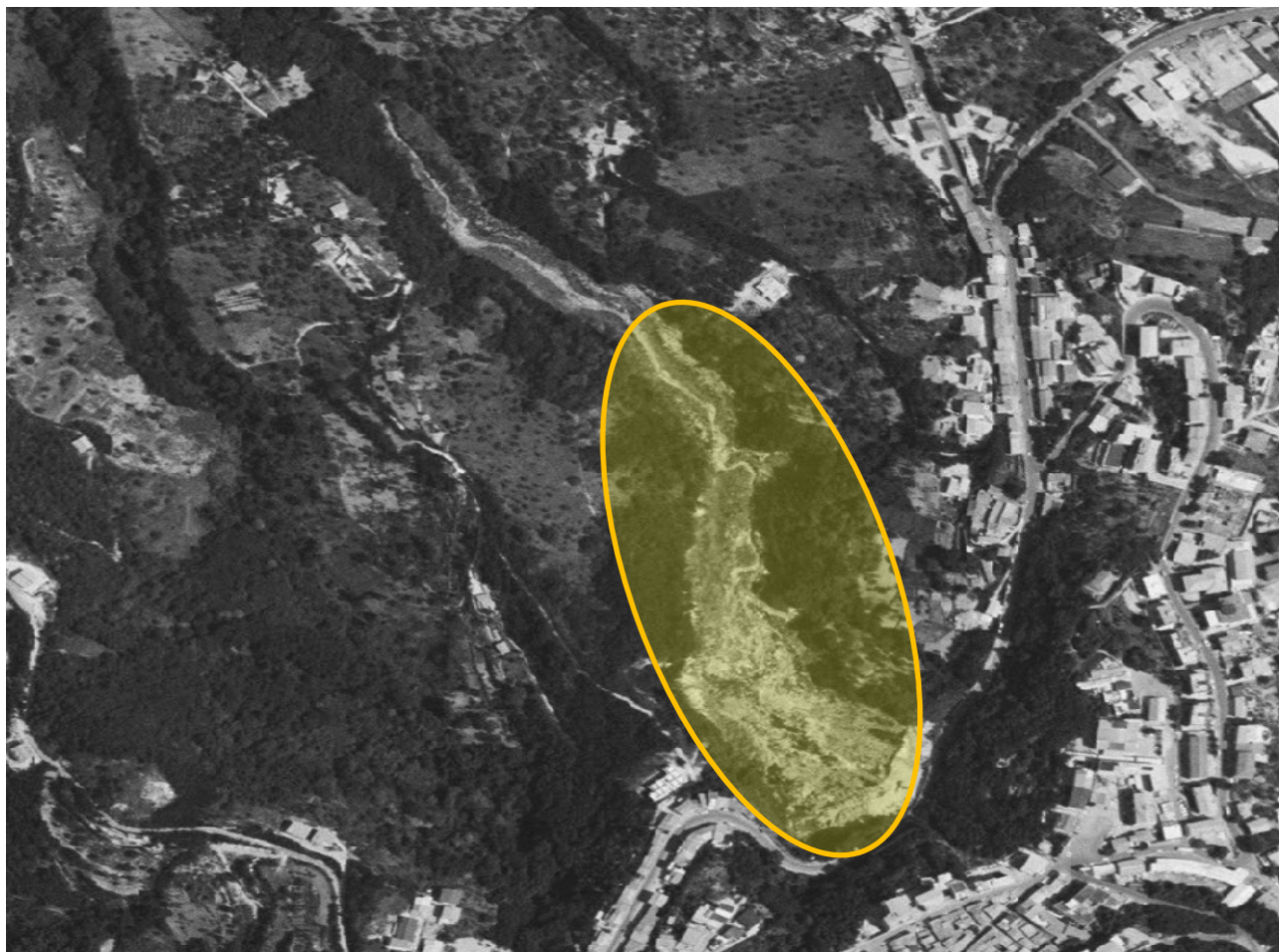


Figura 1.3 - Ortofoto luglio/agosto 1988: evidenziata in giallo l'area interessata dalla frana

A conferma di quanto esposto, i rilievi dei piani di caratterizzazione espediti hanno evidenziato che il cumulo di frana che ne derivò ha invaso tutto il canale, si è esteso per circa 650 m dalla zona di distacco verso valle, con una larghezza variabile (valore medio 40m) ed uno spessore che, nella zona immediatamente al di sotto delle vasche, è pari a circa 17/18 m. per ridursi a circa 4 m nella parte terminale (valore medio 10 m), come risulta dai sondaggi effettuati dal 2000 fino ad epoca recente (2015/2016/2022).

Si calcola un volume di detriti di frana scivolati da monte verso valle pari a  $m^3$  ( $650 * 40 * 10$ )= 260.000  $m^3$  congruo con quello risultante dalla schematizzazione volumetrica -tronco di piramide a base triangolare- (250.000  $m^3$ ) dell'ammasso prima esistente tra quota 660 mslm e 695 mslm.-

Attualmente il sito si presenta coperto da vegetazione arborea comprendente anche alberi di alto fusto di medie dimensioni, i quali, se da un lato contribuiscono significativamente alla stabilità dei materiali franati, dall'altro rendono molto difficoltosa la realizzazione di eventuali sistemazioni superficiali (capping).

Sulla base dei contenuti del Piano Urbanistico Comunale (PUC) nella presente Analisi di Rischio il territorio viene prudenzialmente considerato a destinazione verde residenziale (Cfr. Allegato 1).

La localizzazione cartografica del sito è mostrata nella Tavola 01 – Planimetria di inquadramento geografico allegata al presente lavoro dove si trova un estratto della CTR Campania in scala 1.5.000 – Elemento 433023 “Ariano Irpino”.





Tenuto conto di quanto fin qui esposto, è opportuno e necessario puntualizzare che:

- il modello stratigrafico, per come risultante dai sondaggi effettuati per la realizzazione del progetto di adeguamento della discarica secondo quanto stabilito dalla Giunta Regionale con deliberazione n° 3281 del 29.07.1988, è caratterizzato a) per la zona a monte, da un substrato costituito dai vecchi rifiuti accumulati prima del 1988 e “scampati” alla vecchia frana su cui sono state realizzate le due vasche della nuova discarica, b) per la zona di valle, dall’accumulo di tutti i rifiuti coinvolti dal vecchio movimento franoso;
- le acque superficiali e quelle sotterranee di varia natura comunque presenti, in mancanza di una loro razionale canalizzazione, adeguata all’area in rapporto alla sua estensione ed alle sue caratteristiche plano-altimetriche, causano purtroppo una continua ed indisturbata azione erosiva
  - al piede dei costoni EST ed OVEST che definiscono lateralmente la zona ed
  - alla base dell’argine di valle della seconda vasca, a quota 654 s.l.m.- ( in proposito l’Ufficio Tecnico Comunale di Ariano Irpino con nota prot. n°225 dell’11.02.2003 segnalò il verificarsi di un ulteriore movimento franoso nei pressi dell’invaso principale di raccolta dei rifiuti – vasca n° 2 - a quota 654 mslm);
- dati, quelli appena esposti, confermati dalle analisi e dalle conclusioni cui si pervenne già con il “PIANO DI CARATTERIZZAZIONE DEI RIFIUTI “ 2006/2008.

Le attività svolte vengono riepilogate in maggiore dettaglio nell’elencazione che segue.

In data 11/11/2014 - approvazione progetto di adeguamento ed integrazione Piano di Caratterizzazione RSU “Fosso madonna dell’Arco” delib. G.C. n. 124.

In data 02/02/2015 - richiesta integrazioni e modifiche da parte U.O.D.06 Regione Campania prot. n. 67234

In data 06/11/2015 affidamento lavori a DIMMS Control S.p.a.+ Ambiente s.c. con del.dir. nr.710

In data 16/11/2015 Inizio lavori.

In data 03/12/2015 comunicazione ad A.R.P.A.C. sulla necessità di spostare sondaggi n.15, 16, 17-

In data 23/12/2015 prelievo campioni terreno in S08, S11, S13, S16- in contraddittorio con A.R.P.A.C.

In data 29/12/2015 prelievo campioni acqua da parte di A.R.P.A.C. nei piezometri 8, 9, 11, 16.

In data 31/12/2015 ultimazione lavori - Trasmissione da parte di DIMMS Control S.p.a. del Piano di Caratterizzazione con nota acquisita a prot. Comune nr. 25534-

In data 29/02/2016 con nota prot.n.0013022 (prot. Comune di Ariano n.4683 dell’1/03/2016) A.R.P.A.C. ha trasmesso gli “esiti analitici dei campioni prelevati il 23 e 29/12/2015 nel sito in questione.

In data 30/03/2016 con nota nr. 7254 Invio da parte del Comune ad A.R.P.A.C. del Piano di Caratterizzazione di cui innanzi e dei commenti integrativi conseguenti ai rapporti di prova elaborati da DIMMS Control S.p.a. sui campioni di terreno prelevati in contraddittorio con A.R.P.A.C. in data 23/12/2015 in S08, S11, S13, S16.

In data 23/05/2016 con nota nr. 34612/2016 richiesta da parte di A.R.P.A.C. di chiarimenti ed integrazioni al Piano di cui al punto precedente. (Revisionare il DOCUMENTO ANALISI DEI RISCHI sulla base dei risultati emersi dai rapporti di prova relativi alle analisi conseguenti i prelievi su suolo effettuati in contraddittorio il



23/12/2015 (S08, S11, S13, S16) e quelli sull'acqua (Pz08, Pz09 , Pz11, Pz16) effettuati autonomamente da A.R.P.A.C. il 29/12 2015).

In data 16/09/2016 -con nota nr.59040/2016 A.R.P.A.C. ha espresso "PARERE FAVOREVOLE" all'approvazione del Piano di Caratterizzazione aggiornato, sulla base delle richieste di cui al punto precedente, da parte della Società affidataria dei servizi – Quest'ultima ha prodotto il "MODELLO CONCETTUALE DEFINITIVO E ANALISI DI RISCHIO" denominato EL\_02\_rev\_01 DOCUMENTO DI ANALISI DEI RISCHI che sostituisce integralmente il "Documento di Analisi dei Rischi (EL-2)" già agli atti (la DIMMS Control S.p.a. si riferisce alla documentazione trasmessa il 31/12/2015 acquisita a prot. Comune nr. 25534).

In data 27/09/2016 approvazione da parte di Conferenza di Servizi tenutasi presso G.R.C. Settore Provinciale Ecologia Centro Direzionale Collina Liguorini in Avellino del Piano di Caratterizzazione della discarica RSU "FOSSO MADONNA DELL'ARCO" Ariano Irpino

In data 07/10/2016 emissione da parte del Dipartimento della Salute e delle Risorse Ambientali, Direzione Generale per l'Ambiente e l'Ecosistema, UOD14 – Autorizzazioni e Rifiuti Ambientali di Avellino del decreto dirigenziale nr. 73 , pubblicato sul B.U.R.C.n.66 del 10/10/2016.

In data 31/12/2020 emissione da parte del Dir. Area Tecn. Comune di Ariano Irpino di determina nr.756Reg.Gen.n.01924 per affidamento dei servizi di ingegneria inerenti la Progettazione Definitiva ed Esecutiva e di Coordinamento della Sicurezza in fase di progettazione per le "Opere di messa in sicurezza idrogeologica Fosso Madonna dell'Arco con bonifica ex discarica" al Consorzio di Bonifica dell'Ufita di Grottaminarda.

In data agosto/settembre 2021 - stipula da parte del Consorzio di Bonifica dell'Ufita di contratti di consulenza esterna con UTRES Ambiente di Roma, geol. Egidio Grasso ed ing. Giuseppe Paone di Ariano Irpino per l'espletamento di servizi di ingegneria inerenti la "Messa in Sicurezza idrogeologica e Bonifica del Fosso Madonna dell'Arco - ex discarica" .

In data 15/10/2021 - proposta da parte di UTRES, con l'ausilio del geol. Grasso e dell'Ing. Paone, di un "Piano di Indagini integrative ed interventi sui fianchi del Fosso Madonna dell'Arco" completo di tutti gli elaborati tecnico-economici indispensabili per la gara da espletare ai fini dell'affidamento ad operatore economico esterno specializzato per la realizzazione delle attività integrative di indagine ed analisi propedeutiche alla progettazione di cui innanzi. fine marzo 2022- invito da parte del Consorzio di Bonifica per la partecipazione alla gara di "affidamento delle indagini geognostiche, sismiche, analisi e prove in situ ed in laboratorio da eseguire per la elaborazione del progetto" alle ditte selezionate (due o più operatori economici) . Determina Dirigenziale nr.414 del 28/02/2022

In data 08/09/2022 - stipula da parte del Consorzio di Bonifica dell'Ufita del contratto per l'espletamento delle indagini di cui al punto precedente con la ditta "GEOSERVING S.r.l. " migliore offerente tra gli operatori che avevano partecipato alla gara.

In data 07/11/2022 a seguire - contraddittorio di GEOSERVING con A.R.P.A.C. per analisi su piezometri S.29, S.26, Fontana Sorgente, S.21, S.12, S.10, S.11, S.9, S.16, S.8, S.23, S.24.

In data 11/03/2022- proposta integrativa da parte di UTRES, con l'ausilio del geol. Grasso e dell'Ing. Paone, di un "Piano di Indagini integrative ed interventi sui fianchi del Fosso Madonna dell'Arco" - aggiornamento- per la gara di cui al punto precedente (base gara)

In data 07/10/2022 Consegna Analisi Suolo da parte di GEOSERVING Srl.

In data 29/11/2022 Consegna Analisi Acque da parte di GEOSERVING Srl.

In data 18/04/2023 Consegna Analisi Acque da parte di A.R.P.A.C.



In data 23/05/2023 Consegna RdP da parte di A.R.P.A.C.

In data 12/06/2023 Consegna PCB da parte di A.R.P.A.C.

In data 03/11/2023 Raffronto inquinanti analisi acque Geoserving\_A.R.P.A.C. considerazioni

In data 15/11/2023 Raffronto inquinanti analisi acque Geoserving\_A.R.P.A.C. ripetizione prelievi in contraddittorio

In data 16/05/2024 Consegna Analisi Acque da parte di GEOSERVING S..r.l.

In data 27/02/2024 - contraddittorio di GEOSERVING con A.R.P.A.C. per analisi su piezometri FONTANA SORGENTE, S.21, S.24. S.11 - lettura inclinometro in S.25

In data 20/11/2023 N.1394- Richiesta ad A.R.P.A.C. da parte del Consorzio per ripetere analisi

In data 07/06/2024 Consegna Analisi Acque da parte di A.R.P.A.C.

### 1.2.1 Piano di caratterizzazione dei rifiuti 2006/2008

All'epoca (2006/2008) fu investigata la parte alta della discarica (22.000 m<sup>2</sup> circa): venne indagata, più specificamente, la zona che dalla S.S. 90 delle Puglie (a quota 710 mslm. circa), attraverso la viabilità di servizio, degrada fino a quota 654 mslm., ove esiste un'area pianeggiante in cui è ubicata la seconda vasca di raccolta R.S.U., mentre la prima di esse insiste a quota 685 mslm. circa lungo la viabilità appena citata che scende in DX verso il pianoro sottostante a quota 654 mslm.- (indagini 2006 caratteriz\_1\_fase\_s\_1-2-3 e sondaggi\_4-5-6-7). Nel 2012 fu eseguito un ulteriore sondaggio identificato come 170-12.

Nei campioni di terreno analizzati furono riscontrate essenzialmente evidenze di inquinamento da .... Benzo(a)pirene, Solfati, Manganese, Arsenico, Ferro, Piombo, Cloruro di vinile, Composti alifatici clorurati cancerogeni totali.

Il "modello concettuale definitivo" che ne seguì sostanzialmente confermava notizie, per buona parte, già conosciute:

- le indagini realizzate misero in evidenza la presenza di rifiuti anche nelle aree esterne alle due vasche esistenti;
- la sorgente di contaminazione di maggior rilievo era costituita dagli abbancamenti di rifiuti avvenuti in successione temporale antecedentemente agli interventi commissariali del 1994/5; essa era dovuta alla fuoriuscita incontrollata di percolato e di biogas dai corpi della discarica. Le perdite di percolato erano senza dubbio più accentuate in corrispondenza della vasca di raccolta dei rifiuti posta a valle (la seconda) in cui, peraltro, era in atto un movimento franoso che interessava anche il risvolto superiore del telo in HDPE a protezione dell'argine di valle.
- Si concludeva testualmente:
  - a) *-gli inquinanti costituiscono ancora una fonte di inquinamento sia per la matrice suolo che per la matrice acqua;*
  - b) *-l'acqua della falda poco profonda, nell'attraversare il corpo dei rifiuti, si arricchisce via via di inquinanti procedendo verso valle costituendo una fonte di inquinamento soprattutto per le attività poste immediatamente a valle del sito;*
  - c) *-le fuoriuscite di biogas dalla vasca di raccolta di valle sono del tutto incontrollate; l'inquinamento esistente da biogas, per la matrice aria, non da luogo però ad emissioni di gas e sostanze nocive.*

Non veniva esclusa in quella sede la possibilità che la contaminazione fosse più estesa di quella investigata .....” tenuto conto dell'orografia e dell'acclività dell'area che, naturalmente, favorisce il normale deflusso delle



acque provenienti da monte le quali, nell'attraversare il corpo rifiuti, si arricchiscono ulteriormente di sostanze contaminanti trasportandole verso valle.”

### 1.2.2 Adeguamento ed integrazione piano caratterizzazione (2015-2016)

Considerato quanto appena esposto, fu approntato il “Progetto di adeguamento ed integrazione del Piano di caratterizzazione RSU – Fosso Madonna dell'Arco”, inclusivo dell'area ( 52.500,00 m<sup>2</sup> ulteriori circa) che da quota 654 mslm. (ciglio di valle della seconda vasca) degrada fino a quota 580 mslm. circa (punto di conformità – Cfr. §.3.4.3).

L'iter tecnico-amministrativo-temporale, dall'inizio dei lavori di caratterizzazione fino all'approvazione definitiva della “Relazione di Sintesi” nonché del “Modello Concettuale Definitivo” e la conseguente emissione da parte del Dipartimento 52 della Salute e delle Risorse Ambientali, Direzione Generale 5-...per l'Ambiente e l'Ecosistema, UOD14 – Autorizzazioni e Rifiuti Ambientali di Avellino del decreto dirigenziale nr. 73 , pubblicato sul B.U.R.C. n.66 del 10/10/2016.

### 1.2.3 Piano integrativo di caratterizzazione - Campagna rilevamenti 2022-2024

Nell'ambito del progetto delle “Opere di messa in sicurezza idrogeologica Fosso Madonna dell'Arco con bonifica ex discarica è stato previsto un "Piano di Indagini integrative ed interventi sui fianchi del Fosso Madonna dell'Arco con affidamento delle indagini geognostiche, sismiche, analisi e prove in situ ed in laboratorio da eseguire per la elaborazione del progetto", con affidamento, agli esisti di gara alla "GEOSERVING S.r.l. I prelievi e le analisi sono state eseguite una prima volta e, successivamente, una seconda in contraddittorio con ARPAC a causa ella discrepanza dei risultati per analisi su piezometri S.29, S.26, Fontana Sorgente, S.21, S.12, S.10, S.11, S.9, S.16, S.8, S.23, S.24.

Nel 2024 è stato condotta una ulteriore campagna di prelievi in contraddittorio tra il laboratorio di parte e l'ARPAC per analisi sui piezometri denominati FONTANA SORGENTE, S.21, S.24. S.11 - lettura inclinometro in S.25. I nuovi risultati sono stati consegnati nell'estate del 2024.

Nello storico delle campagne analitiche degli ultimi anni sono state riscontrate differenze estremamente importanti nei risultati analitici tra i valori determinati dal laboratorio di parte e dall'ARPAC. E' però stata evidente una tendenza generale alla diminuzione, in alcuni casi scomparsa, dei valori oltre soglia dei contaminanti indagati.

Nel presente lavoro si terrà conto di tale tendenza, ma, a vantaggio di sicurezza, nell'analisi di rischio saranno considerati i valori peggiori rilevati nelle campagne più recenti a carico di ogni analita indagato.

## 1.3. Normativa e documentazione tecnica di riferimento

L'elaborazione dell'analisi di rischio e la definizione dei parametri di input sono state effettuate facendo riferimento a:

- Decreto Legislativo n. 152 / 2006; Titolo V “Bonifica dei Siti Contaminati”;
- Nota del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare Prot. 0029706/TRI del 18/11/2014 ed errata corrige Prot. 0002277/STA del 19/02/2015;
- Manuale ISPRA ex APAT, “Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati” rev.2, Marzo 2008 (sinteticamente Manuale ISPRA) e Appendice V;



- Documento ISPRA ex APAT, “Documento di riferimento per la determinazione e la valutazione dei parametri sito-specifici utilizzati nell’applicazione dell’analisi di rischio ai sensi del DLgs 152/06”, Giugno 2008;
- Bibliografia scientifica internazionale e specifica esperienza della scrivente, cercando sempre di adottare il criterio di un ragionevole margine cautelativo (reasonable worst case).

Il riferimento normativo per la valutazione dello stato di qualità del suolo, sottosuolo ed acque sotterranee e per la bonifica dei siti contaminati è costituito dalla Parte Quarta, Titolo V del D.Lgs 152/06 recante “Norme in Materia Ambientale”.

I criteri seguiti nello svolgimento delle attività oggetto del presente studio sono stati adottati in conformità a quanto previsto dall’Allegato 4 del sopra citato Decreto. Per l’individuazione delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione nel suolo e sottosuolo si è fatto riferimento ai limiti previsti dalla Tabella 1 dell’Allegato 5, alla Parte Quarta, Titolo V del D.Lgs. 152/06 per i “Siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale”.

Parametro	CSC/Lim ISS Suolo Residenziale [mg/kg s.s.]	CSC/Lim ISS Suolo Industriale [mg/kg s.s.]	CSC/Lim ISS Falda [µg/L]
Berillio	2	10	4
Mercurio	1	5	1
Rame	120	600	1000
Tallio	1	10	2
Benzo (a) antracene	0,5	10	0,1
Benzo (a) pirene	0,1	10	0,01
Benzo (b) fluorantene	0,5	10	0,1
Benzo (k) fluorantene	0,5	10	0,05
Benzo (g,h) perilene	0,1	10	0,01
Crisene	5	50	5
Dibenzo (a,h) antracene	0,1	10	0,01
Indenopirene	0,1	5	0,1
Pirene	5	50	50
Sommatoria IPA	10	100	0,1
PCB Totali	0,06	5	0,01
Idrocarburi C>12 (*)	50	750	350

\* concentrazione limite per gli Idrocarburi totali come n-esano

Tabella 1.1 – Parametri d’interesse per l’AdR – Matrice suolo

Le concentrazioni stimate nelle acque sotterranee in falda mediante l’attivazione del percorso di lisciviazione e trasporto dei contaminanti in falda sono state confrontate con le Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) così come riportate nella Tabella 2 dell’Allegato 5 alla Parte IV del D.Lgs.152/06.

L’elenco dei parametri di interesse e i rispettivi limiti normativi di concentrazione per la matrice suolo (CSC e Limiti proposti da ISS) sono riportati nella Tabella 1.1. In tabella sono riportati anche i limiti previsti per le



acque sotterranee, in quanto i parametri di interesse sono coinvolti anche nel percorso di lisciviazione e trasporto in falda.

L'elenco dei parametri d'interesse e i rispettivi limiti normativi di concentrazione (CSC e Limiti proposti da ISS) per la matrice acque sotterranee e, nello specifico, dell'acquifero superficiale presente nei depositi fluviali, sono riportati nella seguente Tabella 1.2.

Parametro	CSC/Lim ISS Falda [µg/L]
Ferro	200
Manganese	50
Nichel	20
Nitriti	500
Cloruro di vinile	0,5
1,1-Dicloroetilene	0,05
Tetracloroetilene	1,1
Tricloroetilene	1,5
Sommatoria organoalogenati	10
1,1,2,2-Tetracloroetano	0,05
1,2,3-Tricloropropano	0,001
1,1,1,2-Tetracloroetano	0,05
Benzene	1
Triclorometano (Cloroformio)	0,15
Toluene	15
para-Xilene	10

Tabella 1.2 - - Parametri d'interesse per l'AdR – Matrice acque

## 1.4. Struttura del documento

La presente relazione è composta dai seguenti Capitoli:

- Premesse introduttive (Capitolo 1 – presente parte del documento): in cui si definisce lo scopo del documento, i riferimenti tecnici e normativi alla base del documento e la struttura del documento;
- Aspetti generali dell'Analisi di Rischio (Capitolo 2): in cui si descrivono gli aspetti generali dell'Analisi di Rischio, i riferimenti e le fonti dei dati e dei procedimenti di analisi e si delinea l'approccio metodologico adottato;



**0823PC-REL01-ADR-0 – Documento di Analisi di rischio sito-specifica**

- Modello Concettuale e parametri di input dell'Analisi di Rischio (Capitolo 3): in cui si illustra il modello concettuale sviluppato per il sito (consistente nell'identificazione delle sorgenti secondarie di contaminazione, dei percorsi di migrazione / esposizione dei contaminanti e dei recettori) e si descrivono i parametri di input considerati nelle elaborazioni effettuate con il software di AdR utilizzato;
- Risultati dell'Analisi di Rischio (Capitolo 4): in cui si illustrano i risultati dei calcoli dei rischi sanitari-ambientali e delle CSR per i percorsi di esposizione e per i recettori individuati;
- Conclusioni (Capitolo 5): in cui si sintetizzano le assunzioni effettuate e i risultati dell'AdR;
- Allegati (Capitolo 6)

In aggiunta la relazione è corredata da documenti fuori testo costituiti da Tavole:

- Tavola 1 – Planimetria di inquadramento geografico;
- Tavola 2 – Planimetria di suddivisione delle aree del sito;
- Tavola 3 Planimetria di individuazione sondaggi e piezometri e tabella di riepilogo dei risultati analitici.



## 2. Assunzioni di base e metodologiche

La metodica di riferimento per la valutazione del rischio sanitario è la Risk Based Corrective Action (RBCA), definita dall'American Society for Testing and Materials (ASTM). In particolare, l'AdR elaborata per il sito in oggetto è da considerarsi un'analisi di secondo livello, eseguita adottando valori sito-specifici e, qualora non disponibili, valori conservativi indicati da ISPRA (ex APAT).

I valori di accettabilità del rischio considerati sono in accordo con il D.Lgs. 4/08, in particolare per le modifiche contenute riguardanti l'Allegato 1 al Titolo V del D.Lgs. 152/06.

Nel presente lavoro sono stati pertanto adottati i seguenti valori di rischio sanitario accettabile:

- Rischio cancerogeno per esposizione ad un singolo agente cancerogeno:  $R=10^{-6}$ ;
- Rischio cancerogeno cumulativo:  $R_{cum}=10^{-5}$ ;
- Indice di Rischio relativo all'esposizione ad un singolo agente tossico (Hazard Quotient, HQ):  $<1$ ;
- Indice di Rischio cumulativo (Hazard Index, HI):  $<1$ .

Inoltre, per quanto riguarda la valutazione dei percorsi di lisciviazione, si adotta, quale criterio di verifica aggiuntivo, il rispetto delle CSC definite per le acque di falda dal D.Lgs. 152/06 al confine di valle idrogeologica, ai sensi del D.Lgs. 04/08.

### 2.1 Ipotesi generali di lavoro e limitazioni

La presente Analisi di Rischio si basa sul modello concettuale del sito (si veda il successivo Capitolo 3), definito a seguito delle indagini ambientali eseguite in Sito. La formulazione delle assunzioni è stata effettuata sulla base del giudizio professionale, in accordo con le attuali conoscenze scientifiche e con gli standard adottati, al fine di garantire, per quanto possibile, la conservatività ed il rigore scientifico dei risultati.

Per la valutazione della tossicità/cancerogenicità delle sostanze indice si è fatto riferimento ai valori contenuti nella Banca dati ISS-INAIL per AdR – Marzo 2018.

In generale e in via cautelativa si assume l'additività del rischio delle singole sostanze cancerogene e l'additività dell'indice di rischio non cancerogeno delle singole sostanze, indipendentemente dagli organo bersaglio. A vantaggio di sicurezza non sono considerati eventuali effetti sinergici o interazioni antagonistiche delle sostanze indice.

Le elaborazioni di AdR effettuate sono finalizzate alla valutazione di esposizioni di recettori umani e del recettore acque di falda.

### 2.2 Metodologia di svolgimento dell'analisi

Per le elaborazioni numeriche è stato utilizzato il software Risk-net versione 3.2 ("Risk net")<sup>1</sup>, sviluppato su iniziativa del Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università di Roma "Tor Vergata" e aderente alla procedura APAT-ISPRA di Analisi di Rischio in accordo con quanto previsto dalla normativa italiana (DLgs 152/06 e DLgs 04/08).

<sup>1</sup> Scaricabile gratuitamente al seguente sito internet: [www.reconnet.net](http://www.reconnet.net)





L'AdR è stata applicata sia in modalità diretta (*forward mode*), sia inversa (*backward mode*). La modalità diretta permette di calcolare il rischio per un determinato recettore associato ad uno specifico percorso di esposizione e a partire da una determinata concentrazione di un contaminante. La modalità inversa permette invece il calcolo degli obiettivi di bonifica sito-specifici, ossia del valore massimo ammissibile di concentrazione di un composto, compatibile con il livello di rischio tollerabile per il recettore; tali concentrazioni sono denominate Concentrazione Soglia di Rischio (CSR).

Nel presente lavoro quindi sono stati calcolati sia rischi sanitari (ovvero legati al recettore umano) associati alle concentrazioni rappresentative delle sorgenti e le "CSR sanitarie", sia i rischi ambientali valutati sulla base delle concentrazioni attese in falda al confine di valle idrogeologica del sito (nel POC) a seguito del percorso di lisciviazione e le "CSR ambientali".

In primo luogo sono state calcolate le CSR sanitarie ed ambientali per le singole sostanze. Successivamente, in accordo con i Criteri Metodologici ISPRA per il calcolo delle CSR per più sostanze, le CSR sanitarie e ambientali cumulate sono state stimate in modo iterativo, riducendo le CSR delle singole sostanze al fine di determinare delle CSR "cumulate" finali tali da garantire un valore di rischio sanitario e ambientale cumulato (per la presenza contemporanea di più sostanze) accettabile per tutti i recettori/bersagli presenti in sito, secondo le specifiche esposizioni/percorsi di migrazione implementati.

Inoltre, per quanto riguarda le valutazioni sanitarie, nei casi di sovrapposizione di più sorgenti di contaminazione, è stata anche verificata l'accettabilità del rischio sanitario cumulato dovuto alla esposizione a tutti i contaminanti presenti nelle diverse sorgenti sovrapposte (alle concentrazioni pari alle CSR cumulate di cui sopra). Il cumulo dei rischi è stato effettuato considerando sia rischi on-site e sia rischi off-site. Cautelativamente sono stati cumulati anche i rischi off-site nel caso di più sorgenti vicine (ma non sovrapposte), che risultano a monte dello stesso recettore off-site e che quindi, potenzialmente, implementando il modello di dispersione degli inquinanti in atmosfera considerato che nel software Risk-net, hanno impatto cumulativo su di esso.

Nel caso di CSR calcolate inferiori alle CSC o limiti proposti da ISS, sono state adottate le stesse CSC/Limiti ISS come obiettivo di bonifica, in conformità a quanto indicato nelle Linee Guida del MATTM, laddove è indicato che "si ritiene accettabile l'adozione da parte dei proponenti delle CSC come obiettivi di bonifica per alcune sostanze, con contestuale applicazione dell'analisi del rischio-sito specifica per le sole sostanze per le quali non si prevede il raggiungimento delle CSC". Inoltre, nei casi in cui le CSR calcolate per un determinato contaminante sono risultate superiori alla Concentrazione di Saturazione ( $C_{sat}^2$ ) del contaminante stesso nei terreni, si è adottato l'approccio metodologico rispondente alle prescrizioni delle Linee Guida del MATTM, ovvero:

- è stato calcolato il rischio sanitario in modalità diretta associato alle CSR "teoriche"<sup>3</sup> calcolate dal software Risk-net, oppure, qualora inferiori, alle concentrazioni massime riscontrate in sito (C<sub>MAX</sub> SITO), non tenendo conto della condizione di saturazione;
- in presenza di rischio accettabile, la CSR "teorica" o la C<sub>MAX</sub> SITO è stata assunta quale CSR finale;
- in presenza di rischio non accettabile, la CSR "teorica" o la C<sub>MAX</sub> SITO è stata ridotta sino ad identificare un valore che garantisca l'accettabilità del rischio.

<sup>2</sup> La Concentrazione di saturazione ( $C_{sat}$ ) corrisponde alla concentrazione del contaminante nel terreno alla quale viene raggiunto il limite di adsorbimento nella matrice solida, di solubilità nell'acqua contenuta nei pori del terreno e di saturazione del vapore interstiziale. Raggiunta la concentrazione di saturazione di un determinato contaminante, l'emissione di vapore dal terreno verso l'aria raggiunge il suo valore massimo quindi l'emissione non aumenta se la concentrazione nel terreno aumenta ulteriormente. (Soil Screening Guidance, EPA 1996). Si precisa inoltre che tale valore non corrisponde al limite discriminante per la presenza di fase libera mobile (come riportato da ASTM E2081-00, reapproved 2004). Infatti, è noto che solo a concentrazioni molto superiori alla concentrazione di saturazione (anche di diversi ordini di grandezza), in funzione delle caratteristiche litologiche del terreno, della viscosità e della densità del prodotto, si può innescare la mobilità della fase libera. La condizione caratterizzata da immobilità è denominata saturazione residua ("residual saturation", API 1999, Bedient et al. 1999, Charbeneau, 2000).

<sup>3</sup> Cioè quelle calcolate senza considerare il "taglio" alla  $C_{sat}$ .



### 3. Modello concettuale del sito

Il modello concettuale del sito è stato sviluppato in accordo ai principi riportati nel D.Lgs. 152/06 e s.m.i., ovvero predisponendo una descrizione delle caratteristiche specifiche del sito e parametrizzando le tre componenti utili alla valutazione del rischio: sorgenti e contaminanti indice, vie e modalità di esposizione/migrazione ed infine recettori.

A tale scopo sono stati quindi identificati e descritti i seguenti aspetti:

- Ubicazione e contesto del sito (Cfr.§ 3.1);
- caratteristiche geologiche e idrogeologiche del sito (Cfr.§ 3.2);
- quadro ambientale del sito (Cfr.§ 3.3);
- caratteristiche delle “aree sorgenti” della contaminazione, sulla base dei risultati delle indagini ambientali eseguite (Cfr.§ 3.4);
- recettori/bersagli presenti in sito (Cfr.§ 3.5);
- meccanismi di trasporto e modalità di esposizione dei recettori (percorsi di esposizione) (Cfr.§ 3.6).

I parametri di input sono stati stabiliti sulla base delle informazioni derivanti dalle indagini ambientali svolte presso il sito in oggetto; per i parametri non ottenibili direttamente si è fatto riferimento ai valori di bibliografia, con particolare riferimento a quanto indicato nei Criteri Metodologici di ISPRA.

Le indagini attuate, i dati pregressi e i rilievi di superficie hanno quindi consentito di ipotizzare il modello concettuale del sito della ex discarica di Ariano Irpino sita in località Fosso Madonna dell'Arco.

In prima approssimazione ed in via generale si può affermare che:

- Sulla scorta dei risultati delle indagini condotte è stato possibile stabilire che nell'area oggetto di studio è presente un fenomeno di inquinamento nelle matrici ambientali esaminate.
- in sintesi i dati e le ricostruzioni eseguite inducono a ritenere che il corpo rifiuti e le emissioni da esso generate (in particolare il percolato) rappresentino la sorgente primaria di inquinamento. I dati chimici derivati dalle analisi condotte sulle matrici ambientali campionate hanno rilevato inquinamenti nel suolo, superficiale e profondo, e nelle acque; tali matrici sono pertanto da considerare sorgenti secondarie di contaminazione.
- gli inquinanti provengono dalle sorgenti primarie e secondarie si diffondono nell'ambiente circostante essendo trasportati dalle acque, superficiali e sotterranee, e probabilmente anche dal vento che contribuisce a disperdere nell'aria gli elementi volatili. Attraverso queste vie di migrazione gli inquinanti raggiungono i bersagli che nel caso specifico vengono individuati nelle stesse acque, superficiali e sotterranee, nella vegetazione, nella fauna e nell'uomo.

#### 3.1 Descrizione e contesto del sito

##### 3.1.1 Inquadramento geografico

L'area di studio è ubicata nel territorio del Comune di Ariano Irpino (AV), in località “Fosso Madonna dell'Arco”, a nord del centro abitato, in una stretta depressione morfologica naturale che si sviluppa in direzione da SSE verso NNO, individuabile con coordinate geografiche WGS84 41°09'27.2" Nord 15°05'32.8" Est.



Tale depressione è delimitata da pareti sub-verticali di altezza media di circa 50 m e distanza reciproca media tra le pareti di 100 m circa che va aumentando verso valle.

Relativamente alla cartografia IGM (Scala 1:25.000) il sito è compreso nella Tavoleta "Ariano Irpino" - III NE – F.174 "Ariano Irpino" ed è incluso tra i territori di competenza dell'Autorità di Bacino Liri-Garigliano e Volturno. Il sito occupa una superficie lorda di ca. 85.000 m<sup>2</sup>, computati sulla base di rilievo topografico svolto nell'anno 2018.



Figura 3.1 – Localizzazione dell'area – Fonte: Google Earth.

### 3.1.2 Parametri meteorologici d'interesse per l'Analisi

I dati ambientali di interesse per la presente AdR sono le precipitazioni cumulate annue, la velocità media annua del vento nella zona di miscelazione e la direzione prevalente del vento.

Per quanto riguarda i dati relativi alle precipitazioni cumulate, sono stati considerati i dati rilevati dal 2006 nella stazione meteorologica di Flùmeri (Lat 41.08291 Long 15.17212, Alt. 538 mslm.), distante dal sito circa 9 km in linea d'aria.

Stazione: Flùmeri (Av)		Precipitazioni cumulative mensili in [mm]												
Coord: 15.17212 [E] - 41.08291 [N]														
Quota: 538,0 [mslm]														
	Anno	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Totali
1	2017	58,6	25,8	16,2	13,6	32,4	17,8	5,8	10,0	33,4	21,4	84,8	60,2	380,00
2	2018	30,2	67,2	73,2	11,2	106,6	18,2	3,0	50,0	21,6	63,0	88,2	20,0	552,40
3	2020	6,6	40,6	52,0	45,4	42,4	55,0	131,6	54,8	111,2	179,4	159,8	263,4	1.142,20
4	2021	207,0	92,8	86,2	72,0	33,4	57,8	48,4	40,4	26,8	86,6	265,8	210,2	1.227,40
5	2022	58,8	98,2	61,2	53,6	99,2	48,6	84,2	178,6	168,4	30,8	136,4	81,6	1.099,60
6	2023	123,8	21,8	43,4	100,6	92,8	131,2	17,2	21,8	55,0	42,6	91,8	22,0	764,00
	Massimo													1.227,40

(\*) = In rosso dati ricostruiti

Tabella 3.1 – Dati pluviometrici cumulativi stazione di Flùmeri.

Quale valore di precipitazione media annua (P) è stato considerato, a vantaggio di sicurezza, il valore massimo annuale ricavato pari a 1.227 mm/anno (2021).

Tale valore è stato utilizzato per il calcolo dell'infiltrazione efficace, parametro che rientra nella valutazione del percorso di dilavamento delle sorgenti terreni insaturi verso il recettore acque sotterranee.

L'infiltrazione efficace ( $I_{eff}$ ), definita come il quantitativo di pioggia che effettivamente raggiunge le acque sotterranee al netto dell'evapotraspirazione, può essere stimata mediante l'equazione empirica consigliata da ISPRA nei Criteri Metodologici (Pagina 64), considerando, sempre cautelativamente, assenza di pavimentazione:

$$I_{eff} = n * P^2$$

dove:

P = precipitazione media annua [cm/anno];

n = coefficiente moltiplicativo, che varia in funzione della tessitura prevalente, secondo le classi "Sand", "Silt" e "Clay".

È stato utilizzato il coefficiente "n" (Cfr. anche §.3.2):

- pari a 0,0009 (corrispondente ai terreni limosi) per il calcolo dell'infiltrazione efficace nelle sorgenti ubicate nella zona di monte del sito, in corrispondenza dei depositi originari di rifiuti; il valore di infiltrazione efficace ( $I_{eff}$ ) così stimato, in assenza di pavimentazione, è risultato pari a 13,5 cm/anno;
- pari a 0,0018 (corrispondente ai terreni maggiormente argillosi) per il calcolo dell'infiltrazione efficace nelle sorgenti ubicate nella zona più a valle del sito, in corrispondenza dei detriti misti di terreni e rifiuti



originati dal movimento franoso; il valore di infiltrazione efficace ( $i_{eff}$ ) così stimato, in assenza di pavimentazione, è risultato pari a 27,1 cm/anno.

Per quanto riguarda i dati anemometrici, sono stati utilizzati i rilievi effettuati dalla centralina meteo più vicina al sito, ovvero ancora la stazione di Flùmeri (ubicata a circa 9 km di distanza dal sito linea d'aria) appartenente alla rete di misura del Servizio Agro-meteorografico della Regione Campania.

Il minimo valore di velocità del vento medio annuo è risultato essere pari a 2,73 m/s (Cfr. Tabella 3.2).

Stazione: Flùmeri (Av)		Velocità media del vento [m/s]												
Coord: 15.17212 [E] - 41.08291 [N]														
Quota: 538,0 [mslm]														
Anno	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Media	
1	2022	3,3	3,5	3,5	3,9	2,5	2,2	2,4	1,9	2,6	2,1	2,9	2,2	2,73
2	2023	2,8	3,3	3,4	3,2	2,3	1,8	2,3	2,7	3,0	2,8	3,6	3,0	2,85
	Minimo													2,73
	Media													2,79

Tabella 3.2 - Dati della velocità del vento stazione di Flùmeri

Tale valore si riferisce a misure effettuate a 10 m di quota dal piano campagna e pertanto, in accordo con le indicazioni di ISPRA, è stato corretto al fine di riferirlo alla quota di 2 m dal p.c. (spessore di miscelazione indicato da ISPRA), tramite la formula empirica di S. R. Hanna et al. 1982 (Criteri Metodologici di ISPRA, pag. 74), ossia:

$$\frac{U_{air}(z_1)}{U_{air}(z_2)} = \left(\frac{z_1}{z_2}\right)^p$$

dove “p” è funzione della classe di stabilità atmosferica e della rugosità del suolo. In Tabella 3.3 si riportano i valori di “p” per 2 tipi di rugosità, area urbana e rurale, e per le sei classi di stabilità atmosferica, secondo la classificazione di Pasquill-Gifford.

p	A	B	C	D	E	F
Suolo urbano	0,15	0,15	0,20	0,25	0,40	0,60
Suolo rurale	0,07	0,07	0,10	0,15	0,35	0,55

Tabella 3.3 – Valori del parametro “p” per le sei classi di stabilità atmosferica

La Classe di stabilità atmosferica individuata attraverso la rilevazione della velocità del vento risulta essere la C (Instabilità debole) che, nel caso di aree rurali suggerisce per il parametro “p” l’assunzione del valore di 0,10.

Scrivendo ora la relazione precedente rispetto alla ricercata  $U_{air}(z_{2m})$  si ottiene il valore di 2,32 [m/s]:

$$U_{air}(z_{2m}) = U_{air}(z_{10m}) * \left(\frac{z_{2m}}{z_{10m}}\right)^p = 2,73 * \left(\frac{2}{10}\right)^{0,10} = 2,32 \text{ [m/s]}$$

La direzione di provenienza prevalente del vento è risultata essere da SO come mostrato nel grafico che segue.



N	2%
NNE	5%
NE	8%
ENE	11%
E	9%
ESE	4%
SE	3%
SSE	3%
S	7%
SSO	12%
SO	21%
OSO	12%
O	2%
ONO	0%
NO	0%
NNO	1%

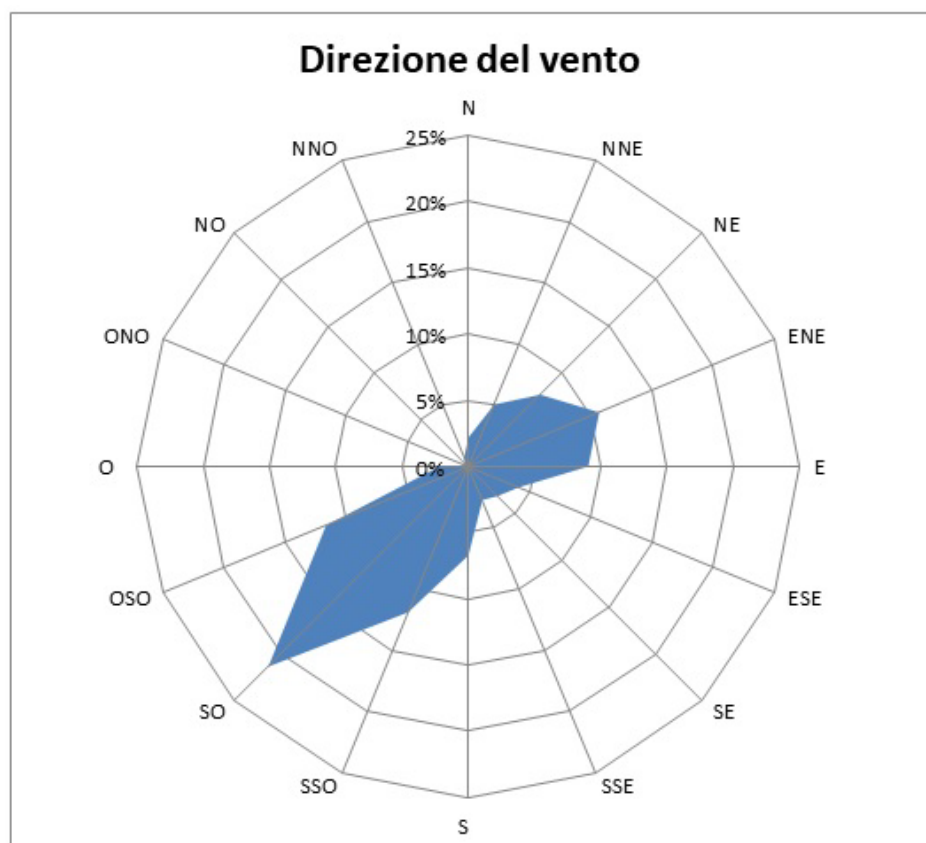


Figura 3.2 – Grafico e tabellazione dei valori relativi alla direzione prevalente del vento

## 3.2 Inquadramento geologico ed idrogeologico locali

### 3.2.1 Geologia

Nell'area circostante l'abitato di Ariano Irpino affiorano vari membri del Sistema della Baronia (Pliocene Inferiore), appartenente all'Unità di Ariano Auct., il Sistema di Vallata (Pleistocene medio-superiore) e depositi continentali quaternari (cfr. Carta Geologica allegata).

La formazione infrapliocenica affiora estesamente in tutto il territorio comunale. In particolare il centro abitato poggia sulla Litofacies delle Sabbie, costituito da sabbie, e localmente arenarie, giallastre a granulometria prevalentemente da media a grossolana, con interstrati di limi argillosi e sabbiosi grigio chiari. Nella parte inferiore si rinvenivano sabbie con matrice siltoso-marnosa, in strati medi e sottili, alternate ad areniti giallastre a grana media e fine, poco cementate, ed interstrati di siltiti ed argille. Si tratta di depositi di ambiente costiero (spiaggia), che nell'area presentano uno spessore di circa 400 m.

La Litofacies dei Conglomerati affiora lungo il crinale ad ovest del centro abitato (loc. Brecceto) e a sud, presso il carcere, in loc. Torana. Esso è costituito da conglomerati massivi o malstratificati, con strati di spessore superiore al mezzo metro, ed intercalazioni giallastre di natura arenaceo-sabbiosa. I ciottoli, costituiti da calcari, marne ed arenarie, presentano un grado elevato di arrotondamento e di appiattimento, caratteri che denotano una provenienza da ambiente di spiaggia e alluvionale. Nell'area lo spessore è di circa 100 m.

A nord-ovest e a sud-est del centro abitato, lungo il Vallone Loreto, il Vallone Dogliano, il Canalone, e la parte bassa del Vallone Concoline, affiora la Litofacies delle Peliti, costituita da argille siltoso-marnose e silt di colore grigiastro con abbondante frazione sabbiosa, intensamente bioturbate, con rari piccoli gusci di



molluschi. Si tratta terreni depositatisi in ambiente di piattaforma neritica nel tratto compreso tra l'epibatiale e la transizione con la spiaggia sommersa. Lo spessore è di circa 100 m.

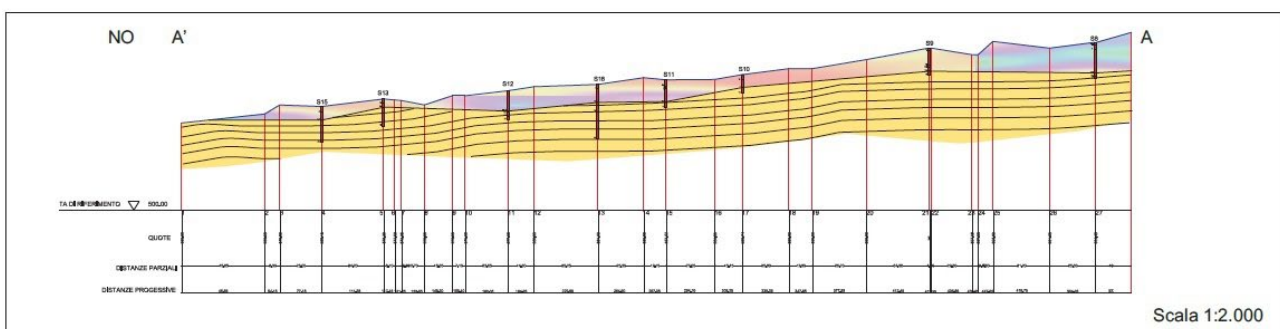
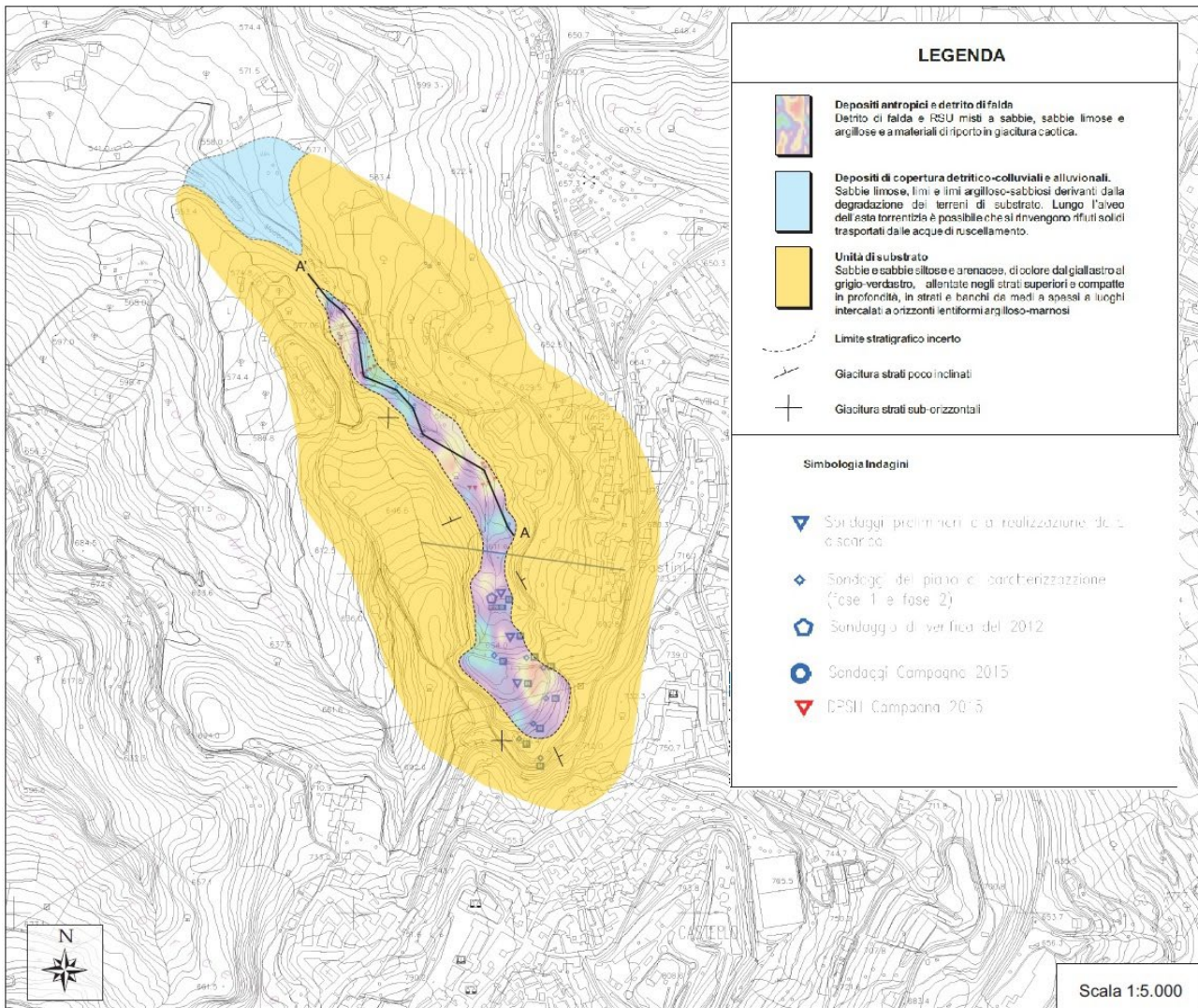


Figura 3.3 – Carta Geolitologica dell'area d'interesse

Lungo la parte terminale del Fosso Madonna dell'Arco si riconosce una fascia di transizione tra la litofacies sabbiosa e quella peltica, con caratteri misti tra le due litofacies. Questa fascia è costituita da alternanze sottilmente stratificate di sabbie a grana media e fine, sabbie argillose, siltiti ed argille limose, con rari interstrati arenacei. Si tratta di depositi di ambiente di piattaforma neritica e di spiaggia sommersa.



La successione pliocenica si presenta interessata da una blanda sinclinale con asse orientato in senso NW-SE, e da numerose faglie normali orientate in senso appenninico e generalmente ribassanti verso sud-ovest.

Il Sintema di Vallata è una successione, spessa circa 40 m, di natura continentale di età meso-supra-pleistocenica, costituita da ghiaie con lenti di sabbie, talora clinostratificate, in matrice sabbiosa arrossata con frammenti di ciottoli a spigoli vivi; sabbie siltose bruno-rossicce con «stone-line». Si tratta di depositi di versante e depositi torrentizi originatisi in ambiente freddo, nel corso dei cicli glaciali quaternari, in un contesto morfologico differente da quello attuale.

Tra le coperture quaternarie sono stati riconosciuti i Depositi di frana, i Depositi torrentizi ed i Depositi colluviali. Questi ultimi rappresentano i litotipi più diffusi e sono costituiti prevalentemente da depositi bruni sabbiosi e limosi con piccoli ciottoli isolati o allineati, talora con pomici e piroclastiti rimaneggiate e argillificate; localmente possono essere costituiti da sabbie ghiaiose arrossate. In alcuni casi è presente una frazione litoide rappresentata da pezzame eterometrico proveniente dalla degradazione del substrato. Essi affiorano in maniera discontinua in tutta l'area esaminata, ricoprendo parzialmente i versanti. Si ritrovano lungo i versanti o, frammisti a cumuli di frana, come riempimenti di paleoconche. Lo spessore si presenta molto variabile da luogo a luogo, assumendo i valori maggiori in corrispondenza delle concavità morfologiche parzialmente sepolte.

I Depositi torrentizi sono formati da ghiaie e ghiaie sabbiose con lenti di sabbie e di limi, e si ritrovano lungo gli alvei dei principali torrenti presenti nell'area. Numerosi sono anche i corpi di frana, costituiti da detrito sciolto caotico sabbioso-limoso con blocchi di natura arenacea e conglomeratica, con evidenze di evoluzione in atto del movimento franoso.

### 3.2.2 Stratigrafia dell'area interessata

L'area interessata parte dalla testata del Fosso Madonna dell'Arco e si estende verso valle. I terreni affioranti sono rappresentati da depositi marini riconducibili alla Formazione sabbioso-argillosa del ciclo sedimentario pliocenico. Si tratta di sabbie in strati e banchi con intercalazioni argillose ed arenacee.

I depositi più frequenti sono costituiti da sabbie più o meno addensate, sabbie argillose e argille sabbiose in strati di spessore variabile e talvolta a geometria lenticolare.

I terreni affioranti nella parte alta dell'area rilevata sono caratterizzati dalla presenza di componente sabbiosa prevalente mentre quelli affioranti più a valle presentano, man mano che si scende lungo la serie, un aumento della componente argillosa. In realtà il passaggio tra le due formazioni avviene in modo graduale sia attraverso l'alternanza dei due tipi litologici (sabbia-argilla) sia per l'aumento della componente argillosa all'interno degli strati sabbiosi.

L'alveo del Fosso è occupato da una spessa coltre di RSU originatisi nel 1988 a seguito di un evento franoso che coinvolse la discarica comunale generando un cumulo di frana lungo circa 750 metri e largo 40 metri. Lo spessore varia sia longitudinalmente che trasversalmente in funzione della morfologia preesistente e attualmente sepolta dal cumulo di frana. In linea di massima in una sezione trasversale lo spessore diminuisce dal centro verso i bordi mentre in una sezione longitudinale diminuisce da monte verso valle.

Nel distinguere i vari terreni si è tenuto conto sia della litologia s.s. sia del comportamento meccanico per cui sono stati accorpate i terreni che, anche se litologicamente differenti, presentavano gli stessi problemi in relazione alla stabilità morfologica.

#### **Limi e limi argillosi con inclusi lapidei**

In questo complesso sono stati inseriti tutti quei terreni, detritici e non detritici, soggetti a continui movimenti gravitativi: detrito di falda, detrito di frana, terreni di riporto.





### **Arenarie tenere e sabbie addensate**

Affiorano in maniera molto evidente nella parte alta dei versanti ed in modo particolare lungo la testata del fosso; generalmente la parte alta della successione è caratterizzata dalla presenza di sabbie addensate ed arenarie tenere in strati e banchi, verso il basso diminuisce lo spessore degli strati ed aumenta la componente argillosa. A copertura di questi terreni si riscontra la presenza di una coltre detritica spessa alcuni metri che, nelle aree in cui le pendenze del versante raggiungono valori elevati, è soggetta a movimenti gravitativi di tipo “soil creep”.

### **Argille e sabbie fittamente straterellate**

Rappresentano il termine di passaggio tra la formazione francamente sabbiosa e quella sottostante, a componente argillosa prevalente; affiorano in aree limitate ai piedi delle pareti verticali ed appaiono fortemente alterati e degradati a causa della elevata vulnerabilità agli attacchi degli agenti esogeni.

### **Argille e argille siltose**

Si tratta della parte medio-bassa della successione pliocenica ed è caratterizzata da strati e banchi argillosi con intercalazioni sabbiose in aumento verso la parte alta della serie. La formazione delle Argille Azzurre s.s. affiora nella parte terminale del fosso in esame ed è facilmente riconoscibile per la particolare impronta conferita al paesaggio (fenomeni calanchivi).

### **Rifiuti Solidi Urbani**

La parte sommitale dell'area in esame ospitava la discarica comunale “storica” del comune di Ariano Irpino. Nel 1988, prima della frana, la testata del fosso era quasi interamente colmata e a valle i rifiuti si distribuivano lungo il piede della scarpata e lungo l'incisione torrentizia più prossima alla discarica. Con l'evento franoso quasi tutti i rifiuti accumulati negli anni sono stati distribuiti verso valle ed hanno colmato le depressioni preesistenti e ricoperto i vecchi depositi detritici.

All'interno di questi depositi possiamo distinguere quelli più superficiali, costituiti dai rifiuti più recenti e presenti lungo tutto il cumulo di frana, e quelli più profondi, costituiti da rifiuti intercalati a detrito di falda e presenti primo tratto dell'area in frana.

## **3.2.3 Idrologia locale**

Dal punto di vista idrogeologico bisogna distinguere più zone caratterizzate da diverso assetto idrogeologico.

In particolare nella parte alta, dove affiora il membro sabbioso costituito da sabbie ed arenarie con intercalazioni argillose, sono presenti più orizzonti idrici sovrapposti instauratisi in corrispondenza delle intercalazioni argillose.

Questi orizzonti alimentano due sorgenti presenti nei pressi della statale a NE della testata del fosso (Figura 3,3).

Man mano che si scende di quota lo spessore degli strati sabbiosi diminuisce ed aumenta la frequenza delle intercalazioni argillose. Questo determina una circolazione idrica meno importante e riconducibile ad una serie di esigui orizzonti idrici sovrapposti. In corrispondenza dell'asse del fosso, a causa della presenza di materiali molto permeabili (rifiuti misti a detrito), la falda idrica è presente e viene costantemente alimentata dalle acque torrentizie e dagli esigui orizzonti idrici provenienti da monte.



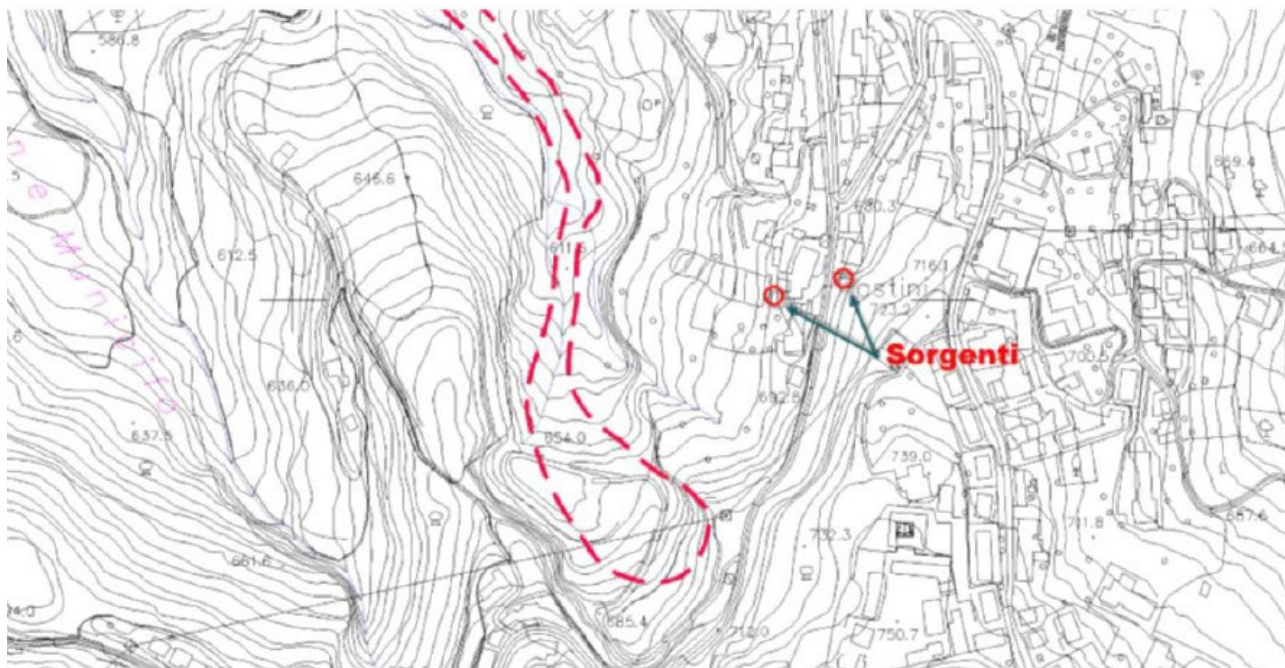


Figura 3.4 – Idrologia locale – Sorgenti a monte del sito

Il bacino idrografico afferente al fosso Madonna dell'Arco è del III ordine gerarchico secondo l'ordinamento Horton-Strahler ed a valle dell'area di studio confluisce in sinistra del Vallone Palazzisi che si immette in destra orografica del Vallone Anselice che a sua volta si congiunge al Fiume Ufita poco a nord dell'abitato di Bonito.

Il bacino idrografico del fosso ha un'area complessiva di 7,15 Km<sup>2</sup>, ha una lunghezza superiore a 1 Km con una pendenza media del 20% ed una quota media pari a 570 m s.l.m. La rete idrografica è costituita da un corso d'acqua principale che percorre la valle all'incirca nella zona centrale, in un alveo sviluppato per lo più nel volume di rifiuti misti a terreno di riporto franato e nel tempo distribuitosi sempre più a valle. Le acque che lo alimentano sono principalmente di natura meteorica ed in parte sorgentizia.

Il deflusso avviene con regime tipicamente torrentizio, nonostante sia presente un flusso visibile anche nel periodo secco e quindi di provenienza sotterranea. In ogni caso le variazioni di portata risentono molto dell'andamento pluviometrico della zona che è di tipo appenninico con generale scarsità di pioggia nei mesi estivi e con abbondanti precipitazioni negli altri periodi dell'anno.

Il regime torrentizio contribuisce ad accelerare i processi morfo-evolutivi in quanto le acque di ruscellamento erodono ed incidono facilmente i terreni di copertura (riporti antropici misti a detrito di versante) determinando situazioni di disequilibrio locale che si ripercuotono in senso negativo sulla stabilità di settori più ampi sia dei terreni che dei versanti in roccia.

### 3.2.4 Caratteristiche idrogeologiche di interesse per l'Analisi di Rischio

Per l'implementazione del percorso di lisciviazione e trasporto in falda dei contaminanti presenti nei terreni insaturi è necessario parametrizzare alcune caratteristiche specifiche dell'acquifero. Nel caso del sito in esame, la complessità idrogeologica che lo caratterizza, comporta la selezione di valori diversificati dei parametri idrogeologici, rappresentativi delle differenti zone di interesse.

Nello specifico a scopo cautelativo sono stati considerati gli acquiferi più superficiali presenti nelle due differenti zone nelle quali è stato suddiviso sito:



- per le sorgenti di contaminazione individuate nell'area di monte del sito sono state considerate le caratteristiche idrogeologiche dei depositi sabbiosi che si riscontrano nella parte sottostante le vasche di abbancamento dei rifiuti (Cfr. §.3.2.2);
- per le sorgenti di contaminazione individuate nella zona di valle del sito sono state considerate le caratteristiche idrogeologiche di depositi sabbioso-argillosi rinvenuti in tale porzione del vallone (Cfr. §.3.2.2).

Di seguito si descrivono i parametri idrogeologici di riferimento.

La conducibilità idraulica dell'acquifero è stata stimata sulla base della consistenza dei terreni presenti

- per i depositi sabbiosi è stato considerato un valore pari a  $1 \times 10^{-4}$  m/s;
- per i depositi sabbioso-argillosi è stato considerato un valore pari a  $2 \times 10^{-4}$  m/s.

Per quanto riguarda la direzione di falda questa segue tendenzialmente l'andamento del fondo del vallone, per cui ha direzione parallela all'asse originario del vallone stesso (Cfr. Figura 3.6).

Quale gradiente idraulico sono stati considerati:

- un valore di 0,012 per la falda nei depositi sabbiosi;
- un valore di 0,02 per la falda nei depositi sabbioso-argillosi.

La porosità efficace è stata posta pari a 0,385, valore corrispondente ad una tessitura sabbiosa (Sand) e rappresentativo della granulometria riscontrata nei depositi di monte. Cautelativamente è stato assegnato anche ai depositi di valle.

Per quanto riguarda la soggiacenza della falda, in maniera cautelativa:

- nei percorsi di lisciviazione dei terreni le acque di falda permeano il corpo rifiuti e l'orizzonte superiore dell'unità di substrato in quanto maggiormente alterato e degradato. La profondità della piezometrica si attesta su valori che vanno dal piano campagna a 3-4 metri; verso valle è probabilmente più profonda in quanto nel periodo di studio il piezometro S15, condizionato fino alla profondità di -7,50 m dal p.c., è risultato sterile

Quale valore di spessore dell'acquifero, è stato considerato:

- nella zona di monte del sito: mediamente 11 m, considerando lo spessore medio dell'ammasso di rifiuti franato i quali poggiano sul substrato di scorrimento (Cfr. §.3.4.1);
- nella zona di valle del sito: gli spessori variano dai 4,5m nei pressi del sondaggio S13, fino agli 7m nei pressi del sondaggio S15 (Cfr. §.3.4.1).

Infine, per quanto riguarda il foc del terreno saturo, è stato utilizzato il valore di default (0,001), più cautelativo del valore rappresentativo nei depositi sabbiosi (0,008).

Il dettaglio di riepilogo dei valori idrologici considerati nelle elaborazioni è riportato nella tabella che segue.



Conducibilità idraulica aree sabbiose	1x10 <sup>-4</sup>	[m/s]
Conducibilità idraulica aree sabbioso-argillose	2x10 <sup>-4</sup>	[m/s]
Gradiente idraulico depositi sabbiosi	0,012	[-]
Gradiente idraulico depositi sabbioso-argillosi	0,020	[-]
Porosità efficace	0,385	[-]
Soggiacenza falda percorsi lisciviazione dei terreni	8,00	[m]
Soggiacenza falda percorsi inalazioni da acque sotterranee	4,00	[m]
Spessore acquifero zona di monte	10,00	[m]
Spessore acquifero zona di valle	6,00	[m]
Frazione carbonio organico nel suolo (F <sub>oc</sub> )	0,001	[-]

Tabella 3.4 – Riepilogo valori idrologici d'interesse per la AdR

### 3.3 Sintesi dello stato qualitativo del suolo e sottosuolo

Nel presente paragrafo e nei successivi sono riassunti gli esiti analitici relativi alle indagini svolte sui terreni sottostanti o miscelati ai rifiuti e sulle acque sotterranee utili alla definizione del Modello Concettuale del Sito finalizzato all'elaborazione dell'AdR. Le campagne di indagini sono state attuate in ottemperanza al piano di caratterizzazione e nella fase di contraddittorio con ARPAC.

Nelle varie campagne le matrici analizzate sono state:

- campioni di suolo (superficiale e profondo) prelevati dai sondaggi;
- campioni di acqua sotterranea prelevati dai piezometri e da un pozzo sito in prossimità dell'area di interesse (Pozzo Vitillo);
- campioni di acqua superficiale;
- campioni di rifiuti;
- campioni di percolato;
- campioni di terreno di copertura (top soil).

In aggiunta a ciò si riporta anche una sintesi dei risultati delle prove geotecniche e granulometriche effettuate dal laboratorio terre sui campioni indisturbati di terreno prelevati nel corso dei sondaggi (Cfr. §.3.3.3).

Infine tra le indagini effettuate sono comprese anche due prove geofisiche del tipo down-hole eseguite nei fori dei sondaggi S14 e S18. I certificati con i risultati delle prove sono inclusi nella relazione conclusiva di quello studio a cui si rimanda. Tali valori potranno essere utili per definire la categoria di suolo sotto l'aspetto sismico ai sensi delle vigenti norme in materia di costruzioni (DM 17 Gennaio 2018 – NTC2018).

#### 3.3.1 Sintesi dello stato qualitativo dei terreni - Matrice suolo superficiale e profondo

Nel corso delle indagini di caratterizzazione svolte dal 2006 al 2021 – Nella campagna del 2024 non sono stati prelevati campioni di suolo, sono state riscontrate concentrazioni superiori ai limiti di legge (CSC indicate nell'Allegato 5 al Titolo V, Parte Quarta del D.Lgs. 152/06, Tabella 1 o, per i parametri non normati dal D.Lgs.152/06, limite proposto da ISS), così come sintetizzato nella tabella che segue.



In tabella sono evidenziate sia le eccedenze dei limiti di riferimento per siti ad uso commerciale e industriale (CSC di Tab1 Colonna B), sia quelle per siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale (CSC di Tab1 Colonna A).

Per valutare lo stato di inquinamento del suolo superficiale (da 0,00 a 1,00 metri) e di quello profondo (> 1,00 metri) del settore valle della ex discarica, nella fase di caratterizzazione dalle carote estratte con le indagini geognostiche sono stati prelevati e analizzati nel complesso 45 campioni di terreno.

Di questi 5 sono stati prelevati nel suolo superficiale e i rimanenti nel suolo profondo. Relativamente a questi ultimi va specificato che il campionamento ha riguardato sia il corpo discarica che i terreni del substrato sottostante i rifiuti.

Su ognuno dei suddetti campioni sono stati analizzati i parametri riportati nella tabella in allegato 2, mentre i parametri che hanno presentato almeno un superamento dei limiti sono elencati nella tabella che segue.

Nella fase di contraddittorio, in aggiunta a quelli già realizzati, sono stati eseguiti altri 4 sondaggi geognostici denominati S8 Bis, S11 Bis, S13 Bis e, S16 Bis ubicati in corrispondenza dei precedenti.

Dalle cassette catalogatrici sono stati prelevati dall' ARPAC AV e dal laboratorio Ambiente, per il Comune di Ariano, i campioni di suolo alle profondità indicate nella seguente tabella, per essere sottoposti ad analisi di laboratorio per la ricerca dei soli composti inorganici (Metalli).

<i>Sondaggio</i>	<i>Profondità [m]</i>
S8 Bis	-15,00   -16,50
S11 Bis	-12,70   -14,40
S13 Bis	-5,00   -7,00
S16 Bis	-2,70   -4,50

Tabella 3.5 – Sondaggi e prelievi aggiuntivi (2015)

Come risulta dai certificati di prova, dalle analisi eseguite nella fase di caratterizzazione sono stati rilevati superamenti delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) rispetto ai valori di concentrazione massima consentiti per i 'Siti destinati a verde e residenziali' (DLgs 152/06 - All.5 parte IV Tab.1) nei campioni e per le sostanze indicate nella seguente tabella.

Non sono stati invece registrati superamenti nei campioni analizzati nella fase di contraddittorio dall'ARPAC né dal Laboratorio di parte incaricato.

Nella tabella le caselle in giallo indicano un numero di superamenti fino a 5, il massimo riscontrato è stato 4. Nella colonna delle entità, le caselle in giallo indicano superamenti fino a 5 volte il limite, in arancio fino a 15 volte il limite, in rosso oltre 15 volte.



**Suolo profondo**

Parametro	Siti ad uso verde pubblico [mg/kg s.s.]	Siti ad uso industriale [mg/kg s.s.]	Numero superamenti delle CSC	Concentrazione massima rilevata [mg/L]	Entità delle eccedenze rilevate (rispetto suolo a verde)	Entità delle eccedenze rilevate (rispetto suolo uso pubblico)
Berillio	2	10	2	4,9	2,45	---
Mercurio	1	5	1	2,8	2,80	---
Rame	120	600	1	410	3,42	---
Tallio	1	10	3	1,9	1,90	---
Benzo (a) antracene	0,5	10	2	3,4	6,80	---
Benzo (a) pirene	0,1	10	2	7,2	72,00	---
Benzo (b) fluorantene	0,5	10	2	2,7	5,40	---
Benzo (k) fluorantene	0,5	10	2	3	6,00	---
Benzo (g,h) perilene	0,1	10	2	3,5	35,00	---
Crisene	5	50	1	5,2	1,04	---
Dibenzo (a,e) pirene	0,1	10	2	0,35	3,50	---
Indenopirene	0,1	5	2	2,5	25,00	---
Pirene	5	50	2	13	2,60	---
Sommatoria IPA	10	100	2	42	4,20	---
PCB Totali	0,06	5	2	0,077	1,28	---
Idrocarburi C>12	50	750	4	260	5,20	---

**Suolo superficiale**

Parametro	Siti ad uso verde pubblico [mg/kg s.s.]	Siti ad uso industriale [mg/kg s.s.]	Numero superamenti delle CSC	Concentrazione massima rilevata [mg/L]	Entità delle eccedenze rilevate (rispetto suolo a verde)	Entità delle eccedenze rilevate (rispetto suolo uso pubblico)
Idrocarburi C>12	50	750	1	81	1,62	---

Tabella 3.6 – Riepilogo superamenti CSC – Matrice suolo



Come è possibile osservare dalla tabella i contaminanti che per il suolo profondo eccedono maggiormente i valori limite sia in termini di numerosità, sia in termini di entità di concentrazione, sono quelli appartenenti alla famiglia degli Alifatici Clorurati. Eccedenze sporadiche sono state rilevate anche per alcuni metalli.

Eccedono esclusivamente i limiti previsti per i siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale alcuni parametri appartenenti alle seguenti famiglie:

- Inorganici: Berillio, Mercurio, Rame e Tallio;
- Idrocarburi policiclici aromatici (IPA): Benzo(a)antracene, Benzo(a)antracene, Benzo(a)pirene, Benzo(b)fluoertene, Benzo(k)fluoertene, Benzo(g,h)perilene, Crisene, Dibenzo(a,e)pirene;
- PCB Totali;
- Idrocarburi pesanti C>12.

Non sono stati rilevati superamenti dei limiti di cui alla colonna B della Tabella 1 dell'Allegato 1.5 alla Parte IV del D.Lgs. 152/2006..

Nel caso del suolo superficiale, l'unico superamento rilevato nel sondaggio S15 nel 2015 presenta un valore oltre soglia per l'elemento:

- Idrocarburi pesanti C>12.

Anche per questa matrice non sono stati rilevati superamenti dei limiti di cui alla colonna B della Tabella 1 dell'Allegato 1.5 alla Parte IV del D.Lgs. 152/2006..

### 3.3.2 Sintesi dello stato qualitativo delle acque di falda – Matrice acque

Nel corso delle indagini di caratterizzazione svolte tra il 2006 ed il 2024, sono state riscontrate concentrazioni superiori ai limiti di legge (CSC indicate nell'Allegato 5 al Titolo V, Parte Quarta del D.Lgs. 152/06, Tabella 2 o, per i parametri non normati dal D.Lgs.152/06, limite proposto da ISS), così come descritto nelle relazioni finali delle campagne e come illustrato nella Tavola 03 e nell'Allegato 5, cui si rimanda per i dettagli.

Così come nel caso dei suoli, anche nel caso delle acque sono state fatte delle assunzioni estremamente cautelative riguardo i valori da considerare nelle valutazioni della Adr. A vantaggio di sicurezza infatti vengono considerati per ogni analita i valori massimi riscontrati, anche se nel corso del tempo i valori stessi nell'ambito dei medesimi enti di prelievo paiono indicare un trend dei livelli di contaminazione in decisa diminuzione, al punto che negli ultimi rilievi (2024) sono stati riscontrato superamenti esclusivamente a carico di alcuni metalli (Arsenico, Ferro e Manganese – rilevati in S11, S21 ed S24), mentre. Ad esempio non sono state più rilevate presenze oltre soglia degli Alifatici clorurati prima significativamente riscontrati.

In generale, nelle due zone di suddivisione dell'area i superamenti residui rilevati appaiono come sostanzialmente distribuiti in misura uniforme dalla parte altra dove insistono le vecchie vasche di abbancamento dei rifiuti, fino a valle dove, al termine dei depositi derivanti dal movimento franoso di rifiuti e terreno, è stato posizionato il punto di conformità del sistema (Cfr. §.3.4.3).

In dettaglio per la valutazione del livello di contaminazione delle acque sotterranee nella fase di caratterizzazione 2015-2016 sono stati analizzati n. 9 campioni di cui 8 prelevati all'interno dei piezometri installati nel corso della campagna di indagine (il piezometro S15 è risultato sterile) e uno in un pozzo ubicato a monte del sito di discarica, nei pressi del punto di indagine S17 (pozzo Vitillo). Il campionamento ha riguardato anche le acque superficiali per le quali sono stati prelevati due campioni lungo l'asta torrentizia che defluisce nella valle (Id campioni: 15LA25908 e 15LA25909). Ulteriori campagne sono state svolte nel corso del 2022 e del 2024 con prelievi nei piezometri già esistenti (S11, S21, S24 e "Fontana" nel 2024).



La tabella seguente riporta la sintesi dei superamenti dei limiti di riferimento nell'acquifero dei depositi in posto sottostanti il materiale franato. Nello specifico, per ciascun parametro che eccede almeno in un punto il valore limite di riferimento (CSC o Limite ISS), è indicato il numero di eccedenze, il valore massimo rilevato e l'entità di tale valore massimo rispetto i limiti di riferimento.

Nella tabella le caselle in giallo indicano un numero di superamenti fino a 5, in arancio fino a 15 ed in rosso oltre 15. Nella colonna delle entità, le caselle in giallo indicano superamenti fino a 5 volte il limite, in arancio fino a 15 volte il limite, in rosso fino a 50 volte il limite ed in rosso scuro oltre 50 volte. Come è possibile osservare in tabella, i contaminanti che eccedono i valori limite sono quelli appartenenti alla famiglia degli Alifatici Clorurati e Inorganici (soprattutto Ferro e Manganese).

Parametro	CSC/Lim ISS Falda [µg/L]	Numero superamenti delle CSC	Concentrazione massima rilevata [µg/L]	Entità delle eccedenze rilevate (su valore max)	Punto di rilevamento e distanza dal POC [m]	
Arsenico	10	12	90,6	9,06	S24	430
Cromo	50	8	139	2,78	S8	380
Ferro	200	25	27648	138,24	S21	10
Nichel	20	9	1159	57,95	S12	75
Piombo	10	1	26,9	2,69	S11	150
Manganese	50	24	8500	170	S9	290
Nitriti	500	5	1400	2,8	S26	560
Fluoruri	1500	5	2256	1,50	S21	10
Solfati [mg/l]	250	25	5562	22,248	S22	310
Cloruro di vinile	0,5	10	12	24	S6	580
1,1-Dicloroetilene	0,05	4	0,37	7,4	S8	380
Tetracloroetilene (PCE)	0,15	8	76	506,67	S24	430
Sommatoria organoalogenati	10	5	76,2	7,62		
1,1,2-Tricloroetano	0,2	8	2,94	14,7	S24	430
1,2,3-Tricloropropano	0,001	4	0,02	20	S8	380
1,1,2,2-Tetracloroetano	0,05	5	0,11	2,2	S8	380
Benzene	1	4	14,25	14,25	S16	0
Triclorometano (Cloroformio)	0,15	2	2,94	19,6	S16	0
Toluene	15	3	49,41	3,29	S16	350
para-Xilene	10	4	54,17	5,417	S16	350

Tabella 3.7 – Riepilogo superamenti CSC per le acque sotterranee

Va sottolineato che in tutte le campagne svolte sono stati rilevate discrepanze anche molto significative tra le risultanze delle analisi svolte dai laboratori di parte e quelle svolta da ARPAC.

### 3.3.3 Parametri sito specifici

Nell'ambito del presente paragrafo vengono sintetizzati i valori dei parametri sito specifici utilizzati nelle elaborazioni condotte. Per quanto riguarda le caratteristiche dei terreni insaturi:

- è stata considerata la tessitura Silt Loam per le sorgenti ubicate nella zona di monte e mediana del sito, pari alla tessitura media ricavata dalle granulometrie effettuate su campioni prelevati dai depositi







- È stato considerato il valore di densità di 2,14 g/cm<sup>3</sup> quale valore massimo tra quelle determinate nelle analisi geotecniche del 2016 (Cfr. Tabella 3.9).

<i>Pos</i>	<i>Sondaggio Campione</i>	<i>Profondità [m da p.c.]</i>	<i>Peso (secco) [kN/m<sup>3</sup>]</i>	<i>Densità [g/cm<sup>3</sup>]</i>
1	S9 C1	3,50-4,00	18,80	1,92
2	S9 C2	12,00-12,50	19,40	1,98
3	S10 C1	3,50-4,00	19,20	1,96
4	S11 C1	4,60-5,10	19,70	2,01
5	S11 C2	10,00-10,50	18,60	1,90
6	S12 C1	13,20-13,70	20,50	2,09
7	S13 C1	5,40-5,80	20,40	2,08
8	S14 C1	17,50-17,90	20,10	2,05
9	S16 C1	4,00-4,55	19,50	1,99
10	S17 C1	4,00-4,60	18,60	1,90
11	S17 C2	7,40-8,00	18,90	1,93
13	S17 C3	13,10-13,70	19,90	2,03
14	S17 C4	19,40-20,00	20,80	2,12
15	S18 C1	14,00-14,50	21,00	2,14

Tabella 3.9 – Riepilogo delle densità sito-specifiche rilevate

- Viene considerato il valore di pH più cautelativo (minimo), pari a 7,32, tra quelli determinati nelle analisi eseguite nel 2024 – le più recenti nei punti di indagini denominati Fontana sorgente, S11, S21 ed S24 presenti o in prossimità della sorgente (variabili da 7,32 a 7,44). Si specifica che nelle elaborazioni eseguite per le sorgenti con sostanze indice esclusivamente organiche è stato considerato il valore di default previsto da ISPRA (6,8). La Tabella seguente sintetizza i valori determinati nelle analisi.

<i>Pos</i>	<i>Sondaggio/Campione</i>	<i>pH [-]</i>
1	Fontana	7,33
2	S11	7,32
3	S21	7,44
4	S24	7,36
	Valore minimo	7,32
	Valore medio	7,36

Tabella 3.10 – Riepilogo dei valori del pH sito-specifici

- Si specifica che nelle elaborazioni eseguite per le sorgenti con sostanze indice esclusivamente inorganiche è stato considerato il valore di default previsto da ISPRA (0,01 per il terreno insaturo).



In merito alle caratteristiche dei contaminanti:

Poiché non è disponibile la speciazione degli idrocarburi pesanti C>12, nelle elaborazioni è stata considerata la frazione più cautelativa della classificazione MADEP, in termini di contributo al rischio sanitario o ambientale (nello specifico la frazione più cautelativa è risultata da quella Aromatica C8-C10).

### 3.4 Sorgenti di contaminazione ed inquinanti indicatori

#### 3.4.1 Sorgenti di contaminazione

La potenziale sorgente primaria di contaminazione è da attribuirsi alla presenza di corpi di discarica e di rifiuti presenti all'interno del materiale franato. Sulla base delle indicazioni dei Criteri Metodologici di ISPRA, le sorgenti secondarie di contaminazione (di seguito sorgenti), su cui effettuare l'AdR, sono identificate nei comparti ambientali in cui sono stati rinvenuti superamenti dei limiti di riferimento (nello specifico suolo superficiale e profondo ed acque sotterranee).

##### Sorgente primaria – Corpi di discarica ed intero volume franato

L'ammasso dei rifiuti costituisce la sorgente primaria di contaminazione individuabile nell'area del Fosso Madonna dell'Arco; essa è rappresentata dall'intero corpo discarica che occupa il fondovalle del fosso. Gran parte dell'ammasso è costituito dai rifiuti sversati nel tempo in modo incontrollato o oggetto dei fenomeni franosi e di dilavamento; solo una modesta quantità è contenuta all'interno delle vasche realizzate negli anni '90, dotate di telo HDPE anche se questo non è più completamente integro, almeno nella vasca di valle che è stata coinvolta nei movimenti franosi.

Le indagini geognostiche (sondaggi), geotecniche (prove penetrometriche) e geofisiche (tomografie elettriche) hanno consentito di eseguire la ricostruzione della geometria dell'ammasso dei rifiuti stabilendone estensione e spessore, seppur con qualche incertezza dovuta alla impossibilità di investigazione di alcuni luoghi, per le difficoltà di raggiungimento degli stessi, nonché alla naturale approssimazione che deriva dall'interpolazione di dati puntuali.

Il corpo rifiuti – frammisti a terreno - si estende dalla SS (quota 710 m s.l.m.) fino alla quota stimata di 560 metri s.l.m.; ha una lunghezza di circa 1200 m e una larghezza stimata media di 40 m. Nell'area caratterizzata nelle varie fasi svolte nel 2006-2008, 2015, 2020 e 2024) lo spessore del corpo rifiuti passa da circa 17 m (S8) a valori che si attestano mediamente sui 10-12 m nella parte quasi intermedia e di valle (sondaggi: S 11, S 18, S 12). Spessori più modesti si registrano infine nei settori terminali dove i valori misurati vanno da 4.5 m (S13) e 7 m (S15). I rifiuti, sebbene mescolati a terreni sabbioso-limosi, in molti dei sondaggi eseguiti vengono rilevati a partire dal piano campagna. Sotto l'aspetto chimico, i test condotti sui campioni di rifiuto prelevati sul sito hanno permesso di classificarli con Codice CER: 19 12 12 – “altri rifiuti (compresi materiali misti) prodotti dal trattamento meccanico dei rifiuti, diversi da quelli di cui alla voce 19 12 11”.

Non si esclude che puntualmente possano essere presenti rifiuti appartenenti a categorie differenti. Per valutare lo stato di contaminazione del corpo discarica, sono stati prelevati molti campioni al suo interno; essi sono stati analizzati con le medesime metodologie applicate alle analisi eseguite sui campioni di suolo superficiale e profondo.

Dai risultati delle analisi eseguite su prelievi del 2015 si sono registrati superamenti per alcuni analiti in pochi campioni ed in particolare, come di seguito riportato, in S11-C3A, S14-C2A, S15-C1A, S15-C3A S17- C2A e S17-C3A. In ognuno di questi, come si evince dalla seguente tabella di sintesi nonché dai certificati di prova, solo poche sostanze risultano in concentrazioni superiori ai limiti normativi stabiliti dalle Tabelle 1 e 2 dell'All.5 parte IV del DLgs 152/06 -, e le stesse sostanze sono nella maggior parte dei casi differenti da sondaggio a sondaggio.



Va precisato che nei successivi prelievi effettuati nel 2022 e nel 2024 (nel 2024 in soli 4 punti – S11, S21, S24 e Fontana sorgente) non sono più stati riscontrati superamenti a carico dei clorurati alifatici che risultano non più rilevabili, mentre permangono valori oltre limiti per Ferro e Manganese. Assumere quindi i risultati dei rilievi effettuati nel 2015 quali riferimento per l'Adr è da considerare come estremamente cautelativa.

### Sorgenti secondarie

La procedura di analisi di rischio prevede di distinguere le sorgenti secondarie nel terreno superficiale (compreso tra 0 e 1 m da p.c.) e nel terreno profondo (a profondità maggiori di 1 m da p.c.). Per i terreni insaturi sono state individuate n.5 punti sorgente (S8, S11, S14, S15 ed S17 - Si veda l'Allegato 4), mentre per le acque di falda è stata delimitata un'unica sorgenti rappresentative della contaminazione, delimitata considerando l'estensione areale del vallone sul cui fondo sono depositati i terreni ed i rifiuti.

Per le elaborazioni dei percorsi sanitari (inalazione vapori outdoor) le caratteristiche geometriche delle sorgenti sono state ricavate considerando la direzione del vento da SO (come identificata nella stazione di Flumeri, Cfr.§.3.1.1).

Per le elaborazioni dei percorsi ambientali (lisciviazione dei terreni e trasporto dei contaminanti in falda), come già anticipato, è stata considerata cautelativamente la massima dimensione della sorgente indipendentemente dalla futura direzione di falda che potrebbe risultare perturbata (mitigata in estensione) dalla presenza di una paratia di stabilizzazione del pendio prevista in progetto e dalla regimazione delle acque meteoriche incidenti anch'essa prevista nell'ambito del progetto di MISP di sito.

Per l'estensione verticale delle sorgenti nei terreni, in conformità a quanto previsto dai Criteri Metodologici di ISPRA, si è considerata la massima distanza tra il top del campione eccedente le CSC posizionato più superficialmente ed il bottom del campione eccedente le CSC posizionato più in profondità nei sondaggi presenti nella sorgente.

Si specifica che i valori di top e bottom sono stati rivalutati nello scenario futuro, a valle della sistemazione dei rifiuti e del ripristino morfologico del sito. La base della sorgente è stata calcolata considerando il massimo spessore di contaminazione rilevato nei sondaggi appartenenti alla sorgente stessa.

La profondità del top della sorgente di contaminazione nelle acque di falda è stata posta cautelativamente pari alla minima soggiacenza rilevata nei piezometri intercettanti. Si specifica che i valori di soggiacenza sono stati rivalutati, laddove necessario, in funzione della quota topografica prevista a valle della sistemazione dei rifiuti e del ripristino morfologico del sito secondo il progetto di MISP in fase di predisposizione.

## 3.4.2 Geometria delle sorgenti

### 3.4.2.1 Matrice suolo

In funzione di modello geologico-idrogeologico di riferimento e dei vari dati fin qui descritti, è stata stimata l'estensione delle aree in cui è presumibilmente riscontrabile il superamento dei valori delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC); va precisato che alla base della definizione delle geometrie vi sono i risultati derivanti da indagini puntuali le quali, per il proprio significato intrinseco, determinano incertezze allorquando lo stesso dato deve essere esteso ad un areale; è ovvio che maggiore è il numero delle informazioni e minore sarà il margine di errore e di semplificazione del modello.

Le aree e i volumi così definiti costituiscono i siti potenzialmente contaminati per i quali, ai sensi del D. Lgs. 152/2006, sarà operata l'analisi di rischio sanitario e ambientale sito-specifica per determinare lo stato o meno di contaminazione sulla base delle Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR).

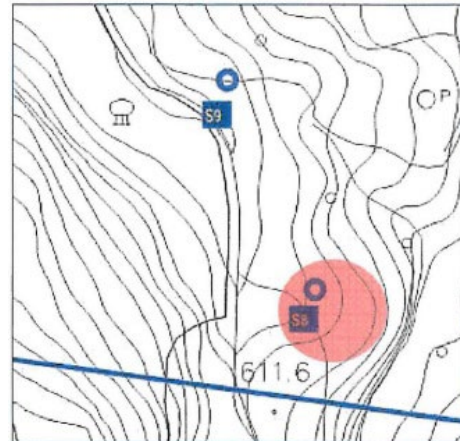


Per quanto emerso dalle analisi di laboratorio svolte nella campagna condotta nel 2015, i superamenti per il suolo riguardano le seguenti sostanze (Cfr. anche Allegato 4):

Mercurio:

Nel campione C3A (17,0-17.50) del sondaggio S8 è stata rinvenuta una concentrazione oltre i limiti normativi per il Mercurio (HG) con 2,8 mg/kg. Nello stesso sondaggio sia il campione di suolo S8 C2A (prof. 8-9 m) e quello immediatamente seguente al C3A (campione C4A - 19,5 - 20 m) presentano valori nella norma.

**Da ciò risulta un superamento puntuale e localizzato. Distanza dal POC = 385 m.**

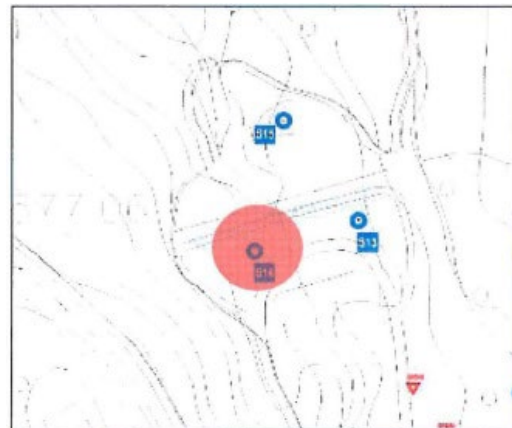


Rame:

In corrispondenza del sondaggio S 14, nel campione C2A (2.00-3.00) è stata rinvenuta una concentrazione oltre i limiti normativi per il rame (Cu) con 410 mg/kg. Va rilevato che nello stesso sondaggio sia il campione di suolo superficiale (S14 CIA - 0,30/0,50 m) che quello immediatamente seguente al C2A (campione C3A - 3,50/4,00 m) presentano valori del rame nella norma (7,5 mg/kg nel C1A e 81 mg/kg nel C3A).

**Ciò lascia presupporre che anche per il rame possa trattarsi di una anomalia o comunque di un superamento molto localizzato e puntuale.**

**Distanza dal POC = 10 m**

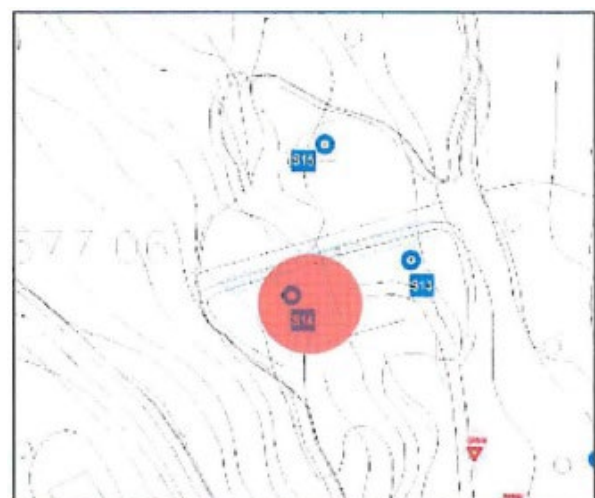


PCB Totali

Nel campione di terreno C3A (prof. 4,00/5,00 m) del sondaggio S15 è stata rinvenuta una concentrazione di PCB totali di 0,077 mg/kg, e pertanto oltre i limiti normativi. Come nel caso precedente il superamento è circoscritto sia in termini areali (hot spot) che di volume interessato essendo limitato al solo campione indicato.

La sostanza è in concentrazioni rientranti nella norma nel campione superiore (profondità 2,00-3,00 m) e quello inferiore (profondità 8,00-9,00 m).

**Distanza dal POC = 10 m**



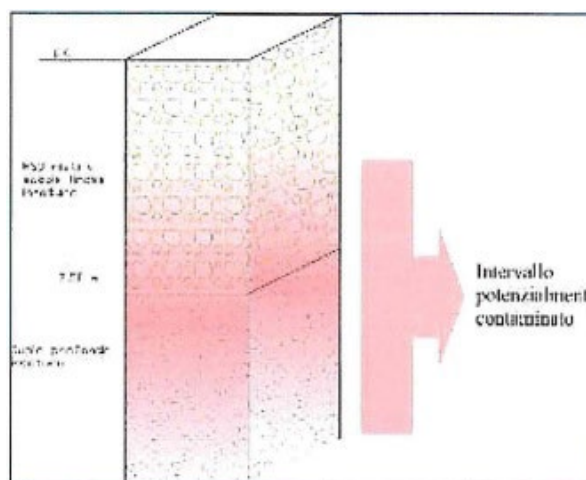
### Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)

Discorso differente vale invece per i superamenti rilevati nei campioni di terreno del sondaggio S 15 dove in profondità (Campione C3A prof. 4,00/5,00 m e C4A prof. 8,00/9,00 m) si riscontrano superamenti delle CSC per gli Idrocarburi policiclici aromatici. I valori rientrano invece nella norma nei due campioni CIA (prof. 0,30/0,50 m) e C2A (prof. 2,00/3,00 m) prelevati a minore profondità. **Distanza dal POC = 0 m**

In base a ciò si può ritenere che la contaminazione interessa solo il suolo profondo a partire dalla profondità di 3,5- 4,00 m e per uno spessore superiore a 5-6 m, come mostrato nel modello geologico-idrogeologico specifico del sito ricostruito sulla scorta della stratigrafia del sondaggio S 15, e tenendo conto della variazione nelle concentrazioni degli IPA che nel caso specifico diminuiscono con la profondità

**Invece, relativamente all'estensione areale, poiché i superamenti delle CSC per gli IPA sono stati rinvenuti solo nel sondaggio S 15 si può ritenere che trattasi di un episodio localizzato e verrà quindi considerato anch'esso come un hot spot.**

**Ad ogni modo anche in questo caso i superamenti delle CSC riguardano un'area ristretta (hot spot). POC = 0 m.**



### Idrocarburi C>12

Nei campioni di terreno C1A (prof. 0,30/0,50 m) C3A (prof. 4,00/5,00 m) e C4A (prof. 8,00/9,00 m) del sondaggio S 15 si riscontrano superamenti delle CSC per gli Idrocarburi pesanti. I valori rientrano nella norma nel campione C2A (prof. 2,00/3,00 m) del medesimo sondaggio. Sulla base delle stratigrafie non è possibile eseguire una distinzione che consenta di attribuire tale anomalia a fattori stratigrafici e pertanto si può interpretare l'andamento delle concentrazioni e l'assenza di superamenti nel campione C2A come dovuto ad una stratificazione degli inquinanti, che ad esempio per motivi legati alla circolazione ed al grado di permeabilità dei singoli strati, tendono ad accumularsi in alcuni orizzonti piuttosto che in altri.

La presenza degli idrocarburi nel campione superficiale S17CIA non sembra invece essere correlabile essendo lo stesso posto a monte del sondaggio S 15.

### Berillio e Tallio (Sondaggio s17)

Nei campioni di terreno C2A (prof. 2,00-2,50 m) e C3A (prof. 3,30-3,80 m) del sondaggio S 17 si riscontrano superamenti delle CSC per il Berillio.

Le concentrazioni si attestano su valori non eccessivi in quanto vanno da 2,3 mg/kg a 4,9 mg/kg (limite D.Lgs 152/06 "siti ad uso verde pubblico"= 2 mg/kg). I valori rientrano nella norma nel campione CIA (prof. 0,50-1,00 m) e C4A (prof. 9,50-10,0 m) del medesimo sondaggio.

Analogamente al Berillio nei campioni di terreno C2A (prof. 2,00-2,50 m) e C3A (prof. 3,30- 3,80 m) nonché nel campione C IA (prof. 0,50-1,00 m) del sondaggio S 17 si riscontrano superamenti delle CSC per il Tallio.

Le concentrazioni si attestano anche in questo caso su valori non eccessivi in quanto vanno da 1,2 mg/kg a 1,9 mg/kg (limite D.Lgs 152/06 "siti ad uso verde pubblico"= 1 mg/kg). I valori rientrano nella norma nel campione C4A (prof. 9,50-10,0 m) del medesimo sondaggio.

Per quanto concerne questi superamenti, come già spiegato in precedenza (S17 è esterno alla perimetrazione del sito), non si ritiene sia possibile individuare una diretta correlazione con la presenza della discarica e pertanto essi non verranno considerati in fase di elaborazione di analisi di rischio. La definizione dell'origine dell'inquinamento e della geometria della sorgente, che esulano dalle finalità del presente studio, non possono essere stabilite sulla scorta dei dati ad oggi disponibili.

Per quanto fin qui riportato, i fenomeni di inquinamento rinvenuti nel suolo per la presenza di sostanze in concentrazioni superiori ai valori normativi (CSC) sono tutti riconducibili a episodi puntuali (hot spot). Nella maggior parte dei casi lo spessore di terreno interessato è di pochi metri (generalmente 3-5 metri, al massimo 8-9 metri, nel caso degli idrocarburi rinvenuti nel sondaggio S 15 - se non si considera il campione intermedio C2A rientrante nella norma-) come è possibile ricavare dal confronto tra i vari campioni analizzati.

### 3.4.2.2 Matrice acque sotterranee

Nell'area di interesse è presente una falda idrica episupeficiale rilevata in tutti i piezometri installati ad eccezione del piezometro ubicato più a valle (S 15), risultato sterile. Le misure piezometriche indicano che le acque di falda defluiscono lungo una direzione monte/ valle; per il contrasto di permeabilità tra il corpo rifiuti e i terreni di substrato, meno significativa dovrebbe essere la dispersione laterale.

La superficie piezometrica nei piezometri ubicati nel corpo discarica si rinviene a una profondità che va da 0 a -3,65 m (nel sondaggio S 15, seguendo il principio cautelativo, viene posta a -8,00 m), con un andamento sub-parallelo al versante. Il gradiente idraulico medio si attesta su un valore di 0,1.

La circolazione presumibilmente interessa principalmente il solo corpo discarica e l'orizzonte superiore dei terreni di substrato maggiormente alterati e quindi più permeabili dei terreni indisturbati rinvenibili in profondità. Pertanto nel modello che si adotterà per le procedure di calcolo del rischio, l'impermeabile relativo verrà posto ad una profondità di -5,00 m al di sotto del contatto corpo rifiuti e/o terreni detritici).

Sulla base dei dati analitici e del modello ricostruito, per ogni inquinante vengono ora descritte le caratteristiche geometriche delle aree interessate dai superamenti dei valori delle CSC nella matrice acque sotterranee. Da precisare che per la scarsità di dati all'esterno del corpo discarica, l'estensione del perimetro delle aree contaminate viene indicato in maniera presunta sulla base, come detto, dei dati analitici e del modello geologico-idrogeologico adottato. Per le acque di falda sono disponibili anche dati derivanti dalle



campagne di rilevamento del 2022 e del 2024 (Per il 2024 solo S11, S21, S24 e Fontana). La mappa completa dei prelievi è riportata in Allegato 5.

### Ferro

Il ferro si rinviene oltre i limiti normativi in tutti i piezometri installati nel fondovalle. Rientra nei limiti soltanto nel piezometro S17 esterno all'area.

Le concentrazioni misurate variano da monte a valle e nel corso del tempo in maniera non lineare. Le eccedenze si presentano dal versante di valle di vasca 2 (S7 ed S7) e proseguono fino ad S15 nei cui pressi è ubicato il POC di riferimento. In linea di massima assumono valori compresi tra 2.000 e 20.000 µg/l, con un picco di 27.648 rilevato in S24 (Piezometro di Valle).

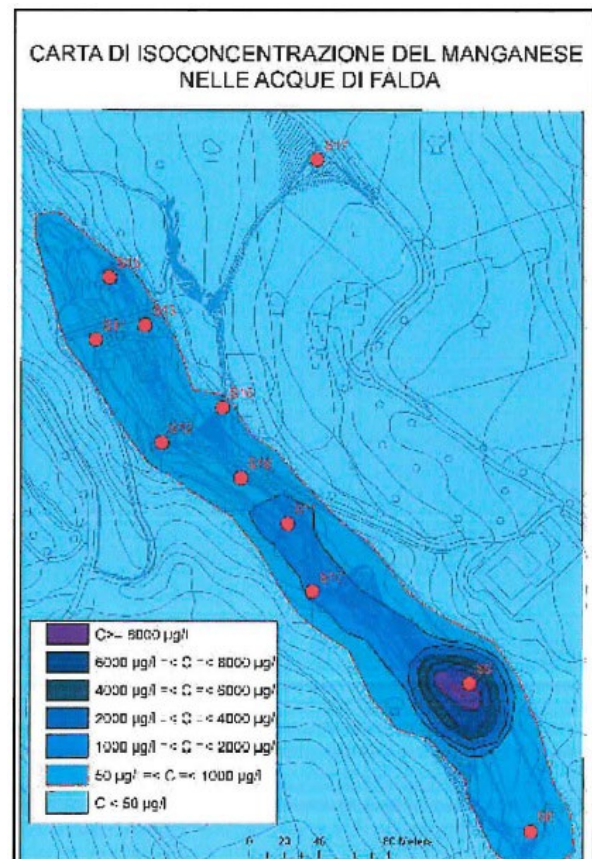
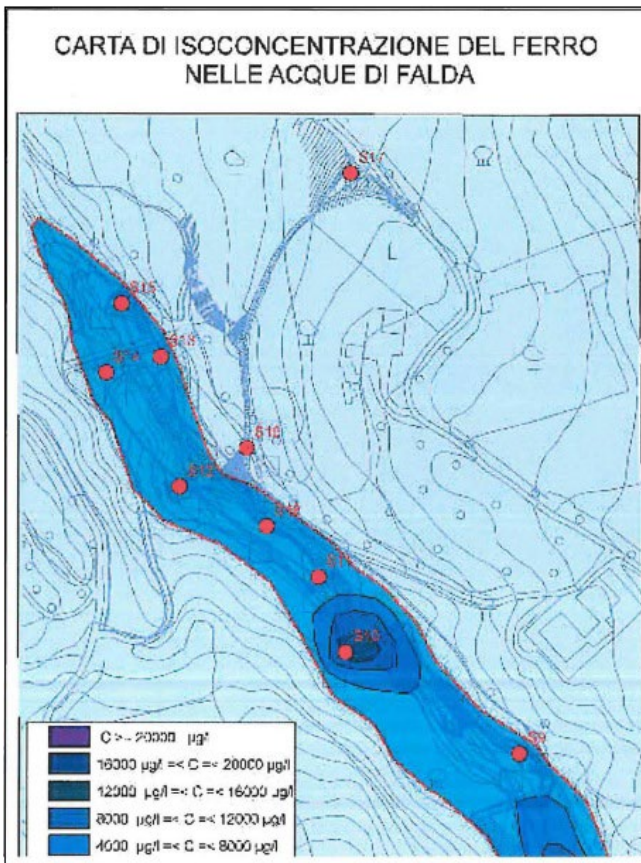
Considerate le condizioni ora esposte, la rappresentazione che segue è soltanto indicativa, in ogni caso vengono assunte una lunghezza della sorgente pari a 600 m, una larghezza media pari a 50 m ed una distanza minima dal POC pari a 0 m.

### Manganese

Analogamente al ferro, il manganese si rinviene oltre i limiti normativi in tutti i piezometri installati nel fondovalle.

Le concentrazioni misurate variano in linea di massima da monte a valle; si registra un picco in corrispondenza del S9 dove è stata misurata una concentrazione di 8.500 µg/l.

Anche in questo caso, considerate le condizioni ora esposte, la rappresentazione che segue è soltanto indicativa, in ogni caso vengono assunte una lunghezza della sorgente pari a 600 m, una larghezza media pari a 50 m ed una distanza minima dal POC pari a 0 m.





### Solfati

Anche i solfati sono presenti con concentrazioni superiori ai limiti in tutti i piezometri installati nel fondovalle. Rientrano nei limiti i rilevamenti nei piezometri S 29 e fontana sorgente.

Le concentrazioni variano all'incirca da monte a valle e trovano riscontro in tutte le campagne, mantenendosi in un range comunque ampio. I valori misurati, infatti, vanno da 260 µg/l (S 13) fino a 5,5000 µg/l (S22 - ARPAC).

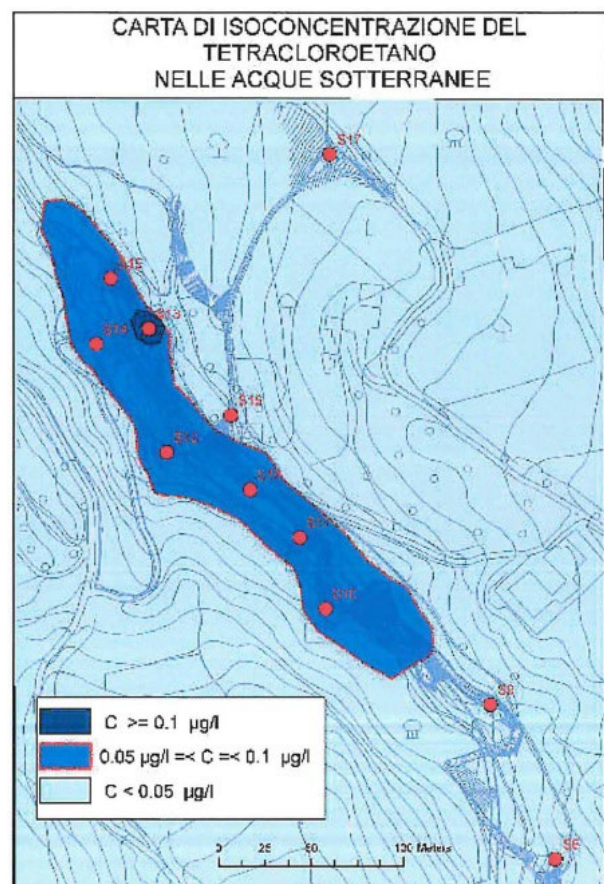
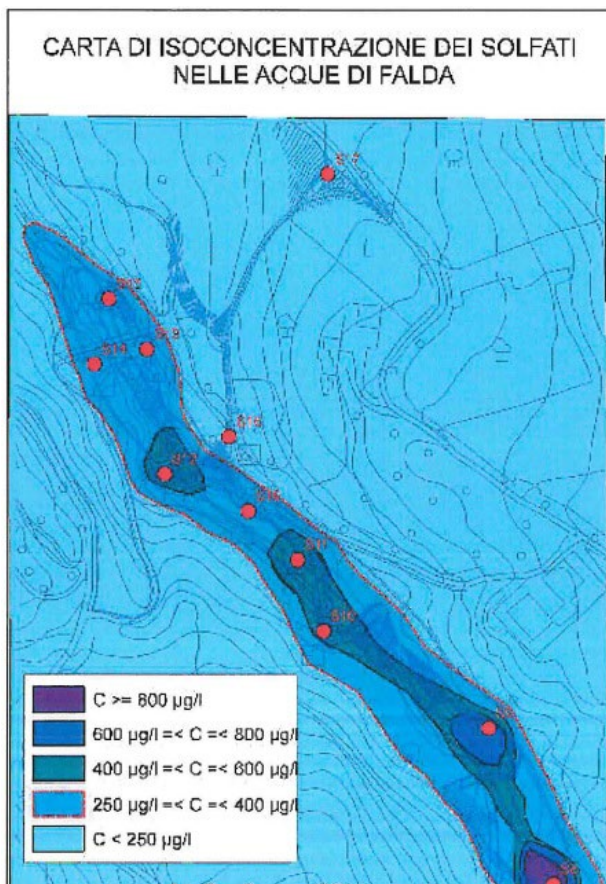
Anche in questo caso, considerate le condizioni ora esposte, la rappresentazione che segue è soltanto indicativa, in ogni caso vengono assunte una lunghezza della sorgente pari a 600 m, una larghezza media pari a 50 m ed una distanza minima dal POC pari a 0 m.

### 1,1,2,2 - Tetracloroetano

Si intercetta in concentrazioni oltre la norma nel settore mediano e terminale del corpo discarica in quanto i superamenti delle CSC sono stati riscontrati in S 10, S 11, S 12 e S 13.

Poiché il valore massimo (0,1 µg/l) è stato individuato nel sondaggio più a valle, adottando misure cautelative l'area di contaminazione è stata estesa verso valle idrogeologica includendo anche il piezometro S 15.

Considerate le condizioni ora esposte, la rappresentazione che segue è soltanto indicativa, in ogni caso vengono assunte una lunghezza della sorgente pari a 300 m, una larghezza media pari a 50 m ed una distanza minima dal POC pari a 0 m.



### Cloruro di vinile

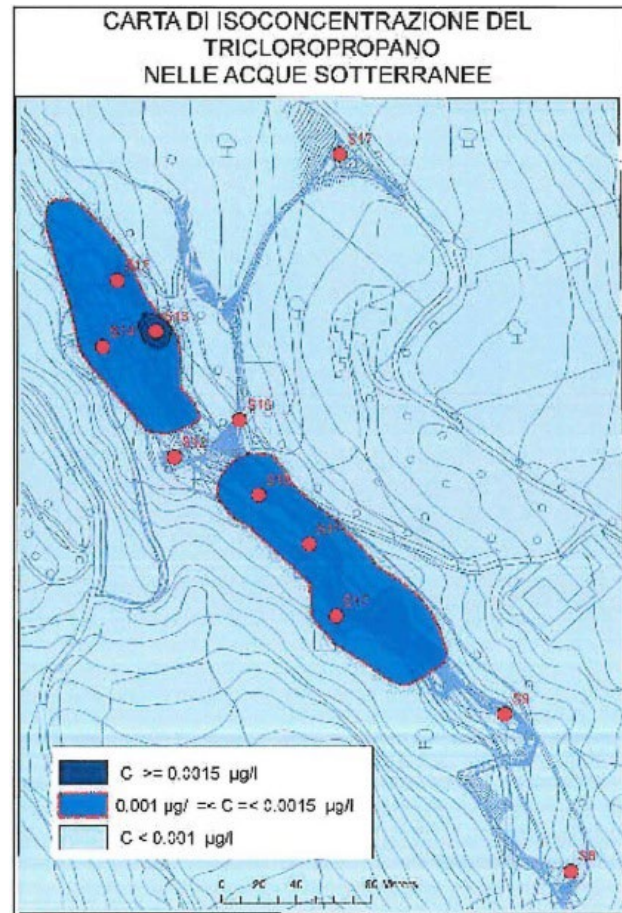
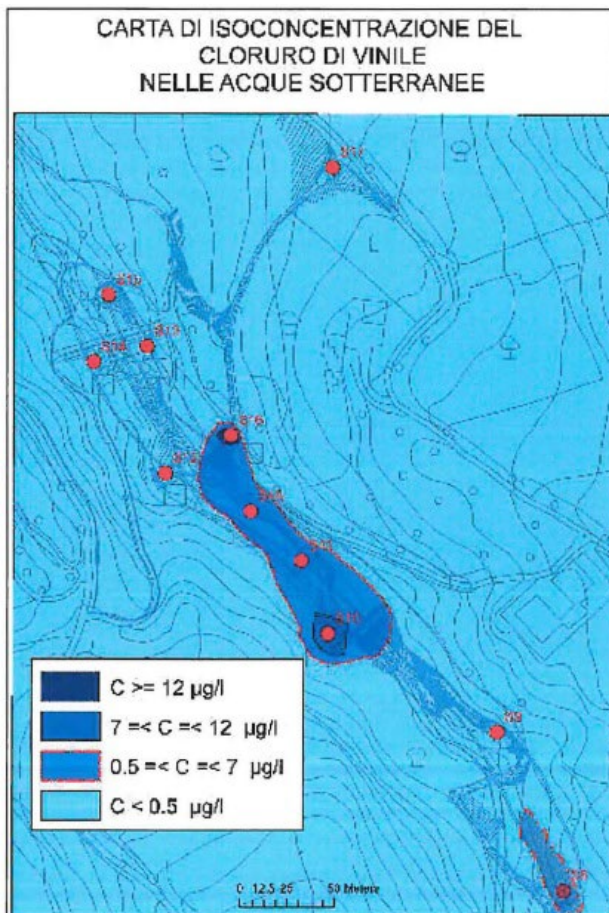
Il cloruro di vinile supera le CSC nei campioni S8, S10, S11, S16 e S17. Considerata la posizione a quota superiore dell' S 17 e la significativa distanza dello stesso dagli altri, nonché i valori rientranti nei limiti nei campioni dei piezometri S12 e S13 posti in prossimità dei primi tre, si ritiene che non vi sia correlazione tra i due settori e quindi, come fatto in precedenza, non viene considerata la contaminazione del sondaggio S 17.

Considerate le condizioni ora esposte, la rappresentazione che segue è soltanto indicativa, in ogni caso vengono assunte una lunghezza della sorgente pari a 200 m, una larghezza media pari a 50 m ed una distanza minima dal POC pari a 100 m.

### 1,2,3 -Tricloropropano

Per questa sostanza sono state individuate due distinte aree; quella più a monte che include i piezometri S 10 e S 11 , e una posta in corrispondenza del piezometro S 13. Per analogia con le altre estensioni e seguendo il principio di cautela è stata ricostruita la seguente carta dell'estensione della contaminazione per il tricloropropano.

Considerate le condizioni ora esposte, la rappresentazione che segue è soltanto indicativa, in ogni caso vengono assunte una lunghezza della sorgente (porzione più a valle) pari a 100 m, una larghezza media pari a 50 m ed una distanza minima dal POC pari a 0 m.



Benzene – Solo da campioni ARPAC 2015

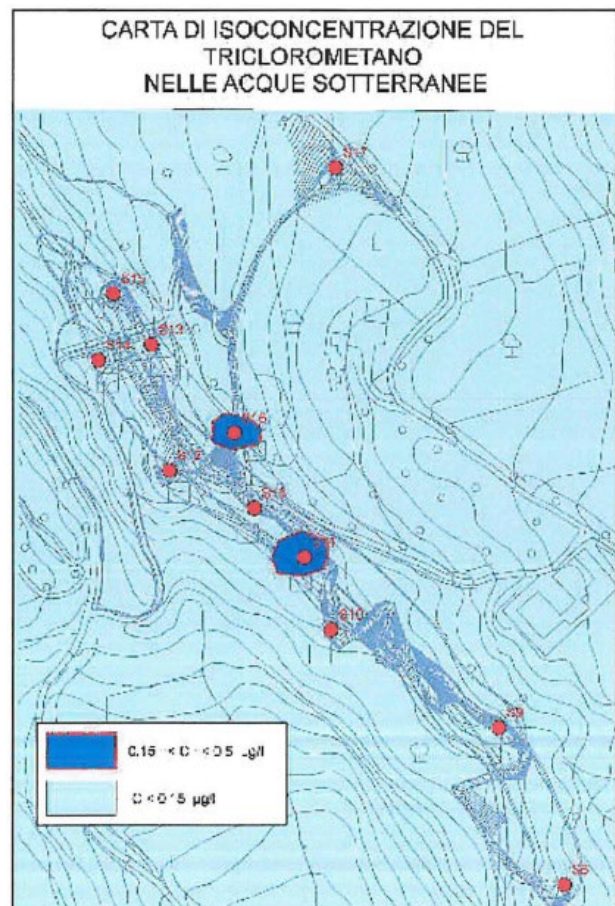
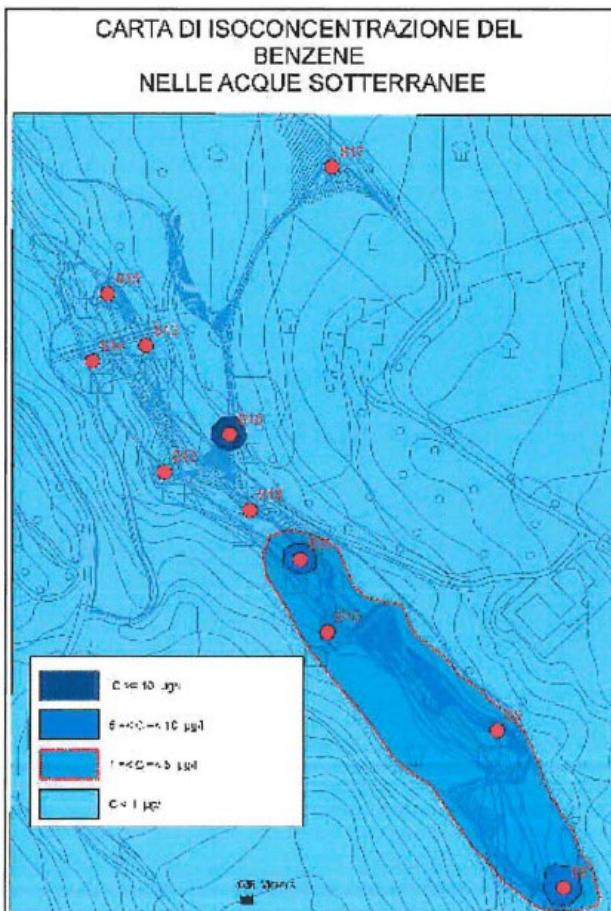
È stato rinvenuto in concentrazioni superiori ai limiti in tutti e quattro i campioni analizzati dall' ARPAC. Per analogia con le altre ricostruzioni e seguendo il principio di cautela è stata ricostruita la seguente carta dell'estensione della contaminazione.

Considerate le condizioni ora esposte, la rappresentazione che segue è soltanto indicativa, in ogni caso vengono assunte una lunghezza della sorgente (porzione più a valle) pari a 100 m, una larghezza media pari a 50 m ed una distanza minima dal POC pari a 0 m.

Triclorometano - Solo da campioni ARPAC 2015

È stato rinvenuto in concentrazioni superiori ai limiti nei campioni S11 e S 16 analizzati dall' ARPAC. Considerando che tra i due punti di campionamento non sono stati misurati superamenti si è ipotizzata una contaminazione a macchia di leopardo come mostrato nella seguente figura.

Considerate le condizioni ora esposte, la rappresentazione che segue è soltanto indicativa, in ogni caso vengono assunte una lunghezza della sorgente (porzione più a valle) pari a 100 m, una larghezza media pari a 50 m ed una distanza minima dal POC pari a 0 m.



Toluene - Solo da campioni ARPAC 2015

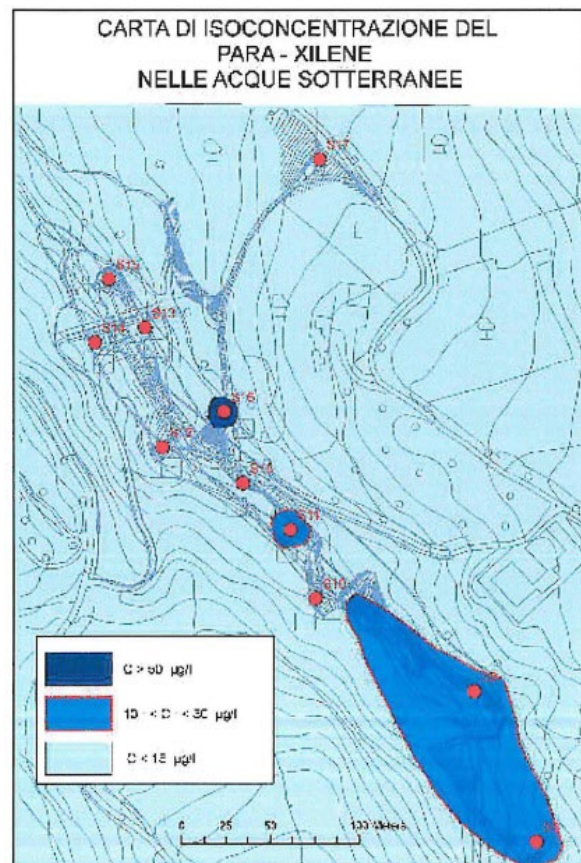
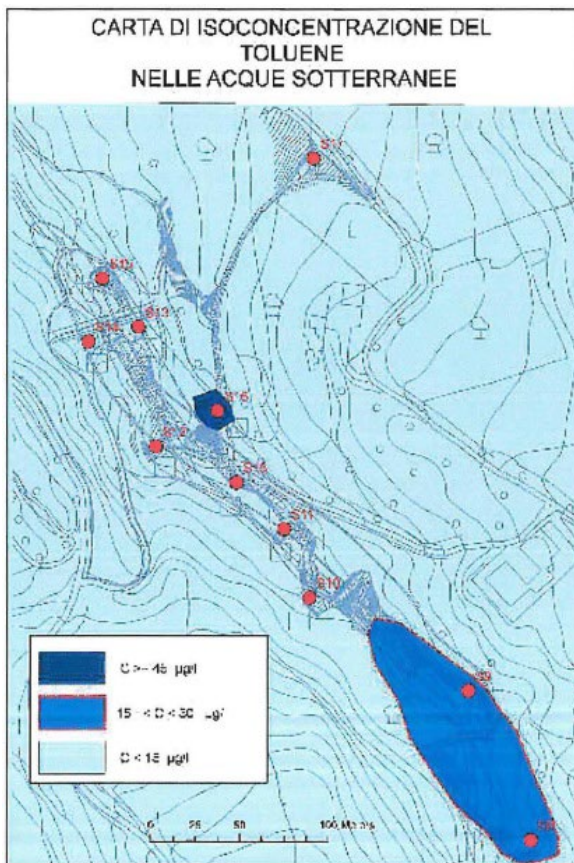
È stato rinvenuto in concentrazioni superiori ai limiti nei campioni S8, S9 e S16 analizzati dall' ARPAC. Considerando tutti i risultati disponibili si ricostruisce la seguente estensione della contaminazione.

Considerate le condizioni ora esposte, la rappresentazione che segue è soltanto indicativa, in ogni caso vengono assunte una lunghezza della sorgente pari a 200 m, una larghezza media pari a 50 m ed una distanza minima dal POC pari a 350 m.

para-Xilene - Solo da campioni ARPAC 2015

È stato rinvenuto in concentrazioni superiori ai limiti nei campioni S8, S9, S 11 e S 16 analizzati dall'ARPAC. Considerando tutti i risultati disponibili si ricostruisce la seguente estensione della contaminazione.

Considerate le condizioni ora esposte, la rappresentazione che segue è soltanto indicativa, in ogni caso vengono assunte una lunghezza della sorgente pari a 200 m, una larghezza media pari a 50 m ed una distanza minima dal POC pari a 350 m.

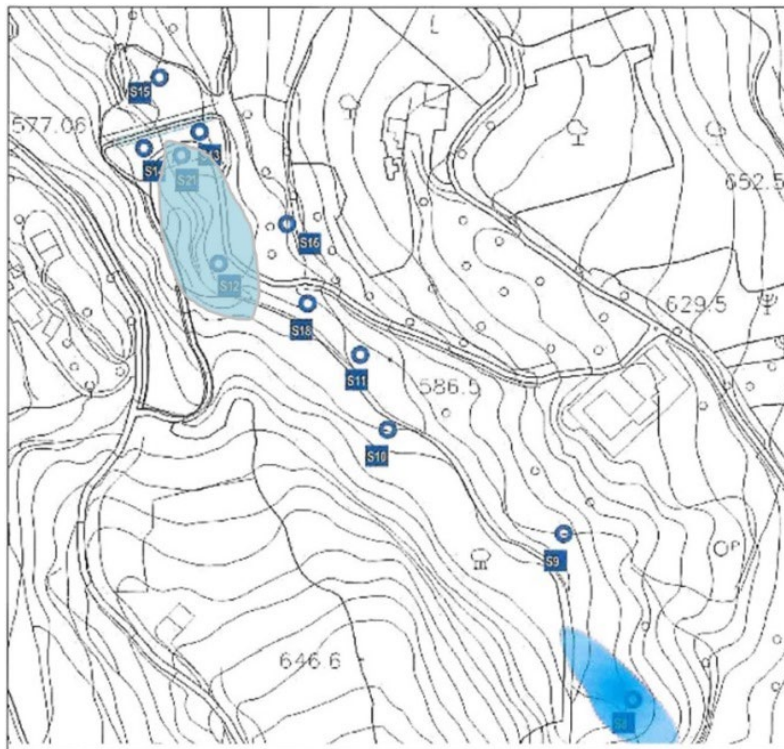


Arsenico

L'arsenico è stato rinvenuto in concentrazioni superiori ai limiti normativi nel piezometro S8 e nei piezometri S10, S11 ed S24. I valori misurati sono 52.7 µg/l (S8) e 90.6 µg/l (S24). La distanza significativa tra i due primi piezometri e i valori entro i limiti misurati nel piezometro intermedio (S9) consente di ritenere l'esistenza di una contaminazione a macchia di leopardo anche se esso ricompare comunque più a valle (S12, S21).

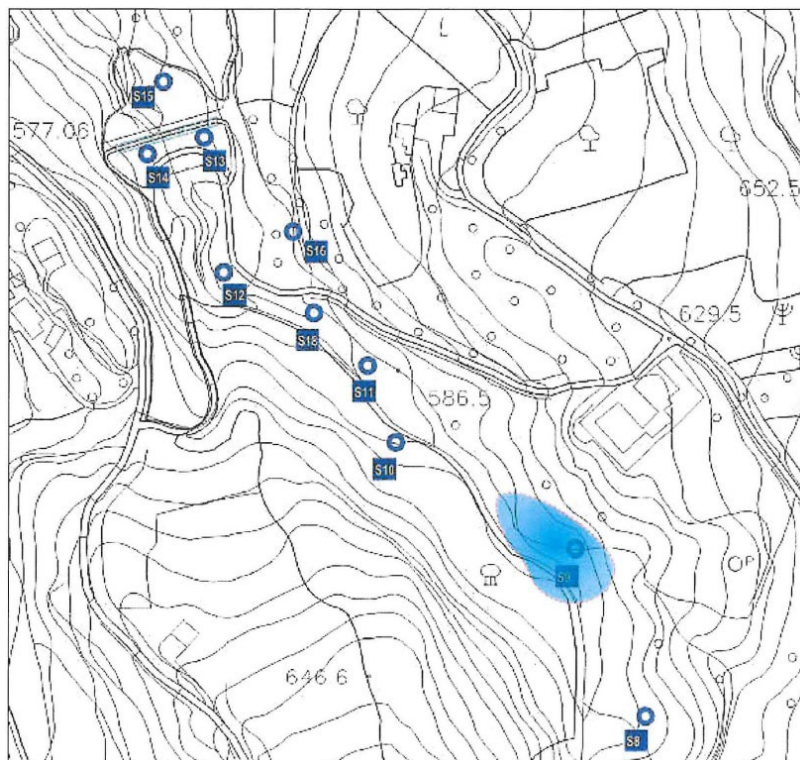


Considerate le condizioni ora esposte, la rappresentazione che segue è soltanto indicativa, in ogni caso vengono assunte una lunghezza della sorgente pari a 100 m, una larghezza media pari a 50 m ed una distanza minima dal POC pari a 0 m.



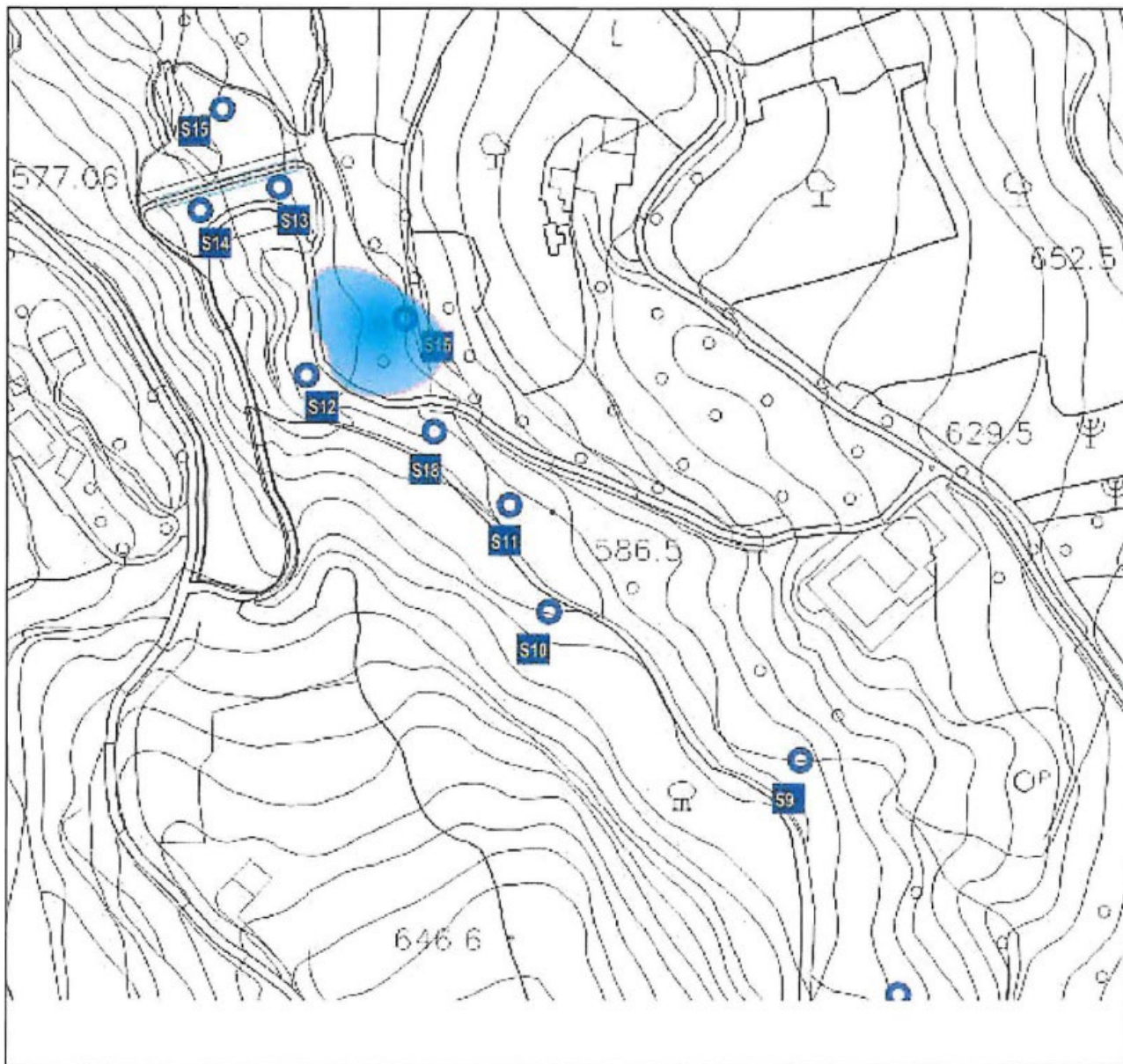
Benzo(a)pirene

Le concentrazioni del benzo(a)pirene superano i limiti normativi solo nel campione prelevato nel piezometro S9 dove si registra un valore di 0,016  $\mu\text{g}/1$  quindi di poco superiore al limite normativo (0,01  $\mu\text{g}/1$  ).



### Dicloroetilene

Il dicloroetilene è presente con concentrazioni superiori ai limiti normativi solo nei campioni prelevati nei piezometri esterni alla discarica. Se la contaminazione riscontrata nel campione S 16 può essere in qualche modo correlata alla sorgente primaria, lo stesso risulta difficile per il campione S 17 ubicato a circa 150 m dal fondovalle e a quota superiore.



Regione Campania  
Data: 17/09/2024 08:17:55, PG/2024/0432501

### 3.4.3 Sostanze indice di contaminazione e concentrazioni rappresentative

Le sostanze indice di contaminazione sono state quindi identificate considerando tutti quei parametri che hanno mostrato almeno un superamento delle rispettive CSC del D.Lgs.152/06 o dei limiti proposti da ISS nelle analisi realizzate sui terreni insaturi ed acque di falda.

Nelle tabelle seguenti sono sintetizzate le sostanze indice di interesse nei terreni profondi e nelle acque sotterranee del sito.



Famiglia	Parametro	Note
Composti inorganici	Berillio	a
	Mercurio	
	Rame	a
	Tallio	a
Aromatici	Benzo (a) antracene	
	Benzo (a) pirene	
	Benzo (b) fluorantene	
	Benzo (k) fluorantene	
	Benzo (g,h) perilene	
	Crisene	
	Dibenzo (a,e) pirene	
	Indenopirene	
	Pirene	
	Sommatoria IPA	b
Altre sostanze	PCB Totali	
	Idrocarburi C>12	c

a = sostanza non volatile non attiva nei percorsi di inalazione vapori

b = sostanza non implementata nell'AdR in quanto essendo una sommatoria di altre sostanze non presenta caratteristiche chimico-fisiche-tossicologiche univoche. È comunque valutata sulla base delle elaborazioni condotte sulle singole sostanze che la compongono

c = sostanza implementata nell'AdR considerando le classi MADEP maggiormente cautelative nel percorso di esposizione / migrazione implementato

Tabella 3.11 – Riepilogo sostanze indice nella matrice suolo

I parametri "Sommatoria organoalogenati", non sono stati implementati nell'AdR in quanto, essendo sommatorie di differenti sostanze, non presentano caratteristiche chimico-fisiche-tossicologiche univoche; in ogni caso sono valutate sulla base delle elaborazioni condotte sulle singole sostanze che le compongono.

Le proprietà chimico-fisiche-tossicologiche dei composti di interesse sono state reperite dal database ISS-INAIL aggiornato al 2018, ad eccezione dei parametri non normati dal D.Lgs.152/06, nel caso in esame il solo 1,1,1,2-Tetracloroetano, per il quale sono state utilizzate le caratteristiche chimico-fisiche e tossicologiche proposte da Texas Commission on Environmental Quality (aggiornamento del 31/03/2022)<sup>5</sup> e riportate nella Banca Dati utilizzata dal software Risk-net 3.2.

<sup>5</sup> TRRP Protective Concentration Levels <https://www.tceq.texas.gov/remediation/trrp/trrppcls.html>



Famiglia	Parametro	Note
Composti inorganici	Arsenico	a
	Cromo	a
	Ferro	a
	Nichel	a
	Piombo	a
	Manganese	a
	Nitriti	a
	Fluoruri	a
	Solfati [mg/l]	a
Alifatici clorurati cancerogeni	Cloruro di vinile	
	1,1-Dicloroetilene	
	Tetracloroetilene (PCE)	
	Sommatoria organoalogenati	b
Alifatici clorurati non cancerogeni	1,1,2-Tricloroetano	b
	1,2,3-Tricloropropano	
	1,1,2,2-Tetracloroetano	
Composti organici aromatici	Benzene	
	Triclorometano (Cloroformio)	
	Toluene	
	para-Xilene	

a = sostanza non volatile non attiva nei percorsi di inalazione vapori

b = sostanza non implementata nell'AdR in quanto essendo una sommatoria di altre sostanze non presenta caratteristiche chimico-fisiche-tossicologiche univoche. È comunque valutata sulla base delle elaborazioni condotte sulle singole sostanze che la compongono

Tabella 3.12 - Riepilogo sostanze indice nella matrice acque sotterranee

In Allegato 3 sono riportate le caratteristiche chimico-fisiche-tossicologiche delle sostanze indice.

Le Concentrazioni rappresentative delle sostanze indice (CRS) sono state poste cautelativamente pari alle concentrazioni massime rilevate nelle sorgenti.





### 3.5 Recettori e punto di conformità

Accertato che nell'area indagata il corpo discarica costituisce una fonte primaria di inquinamento, vengono ora presi in considerazione i bersagli della contaminazione dei quali si è già in parte discusso.

I bersagli della propagazione dell'inquinamento possono essere biotici (o) e abiotici (•); possono inoltre essere collocati **on-site** o **off-site**. Essi nell'area di studio, per le caratteristiche dell'ambiente ricostruito e della contaminazione, possono essere individuati in:

- suolo;
- falda sotterranea;
- aria;
- micro e macro viventi del suolo;
- uomo.

Dei fattori abiotici si è già discusso in quanto essi rappresentano a loro volta anche sorgente secondaria. Per quanto concerne i recettori biotici va detto che essi possono venire a contatto con le sostanze inquinanti attraverso:

1. ingestione di terreno contaminato;
2. ingestione di acqua contaminata;
3. ingestione di cibi in cui siano bioaccumulate sostanze inquinanti.

Tra i recettori biotici è incluso ovviamente anche l'uomo che viene considerato il recettore diretto della contaminazione proveniente da percolato e biogas.

Per i prodotti volatili nell'uomo la contaminazione può avvenire per contatto dermico o inalazione di polveri e vapori sprigionati dalla discarica. Indirettamente la contaminazione può avvenire per ingestione di acqua idropotabile contaminata, contatto con acqua superficiale contaminata, ingestione di alimenti nei quali è avvenuta una bioaccumulazione di sostanze inquinanti.

Oltre all'uomo, anche gli altri componenti della flora e della fauna possono divenire oggetto della contaminazione; ciò accade per ingestione, inalazione o contatto dermico di sostanze inquinate nel caso di animali; di assorbimento di acque contaminate nel caso dei vegetali.

In considerazione della destinazione del sito che ad attività di messa in sicurezza e, successivamente, di manutenzione, cautelativamente è stato considerato un recettore **on site** lavoratore, nonostante si ritengono poco probabili permanenze prolungate in tali aree.

Per quanto riguarda i recettori off-site, è stato cautelativamente considerato un ipotetico residente ubicato sottovento alla sorgente, lungo la direzione prevalente del vento (provenienza da SO), in orlo destro del canalone. Si evidenzia che, in considerazione della conformazione dell'area, lungo il fondo di un canalone, all'esterno del sito si rilevano, nella direzione del vento prevalente, alcuni insediamenti abitativi minori rispetto al nucleo urbano della Città di Ariano Irpino che non viene invece investita dal flusso. I punti con possibili presenze di tipo residenziale sono quindi alcuni edifici sparsi o piccoli agglomerati, come evidente dalla figura proposta alla pagina seguente.

Tutti i parametri di esposizione per i recettori off-site sono stati posti pari a quelli proposti dai Criteri Metodologici di ISPRA per i residenti e sono riportati in Figura. Inoltre, nella presente AdR è stato attivato il percorso di lisciviazione dei contaminanti presenti nei terreni in falda. Pertanto, le acque sotterranee del primo acquifero presente nelle diverse aree del sito sono state considerate quali recettori ambientali.

I punti di conformità (POC) sono stati posti in corrispondenza dei pozzi S15bis ed S19 presenti lungo il confine di valle del sito e del piezometro ubicato in S21.



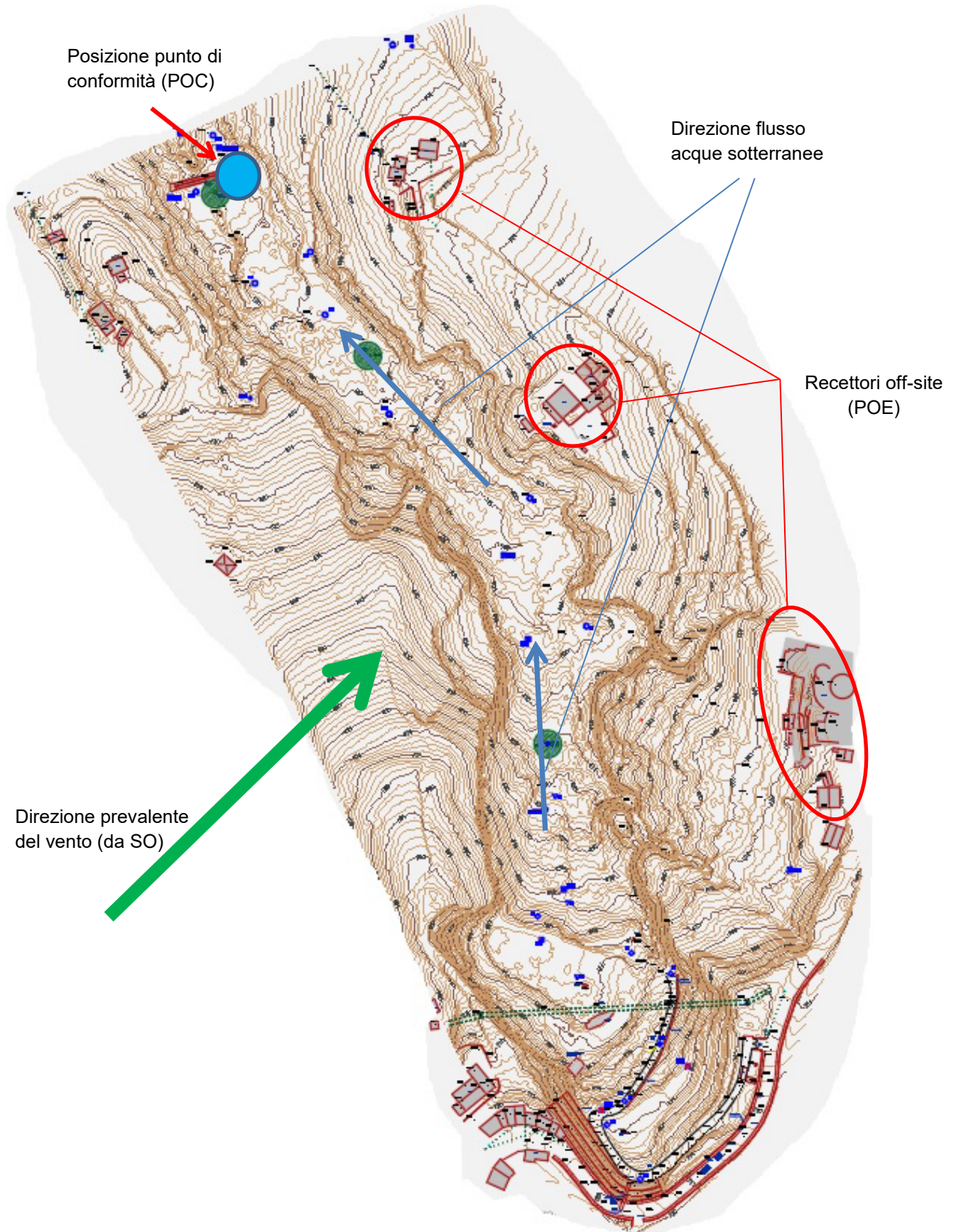


Figura 3.6 – Area del sito con indicazione di direzione del vento, deflusso delle acque di falda e del POC



### 3.6 Percorsi di esposizione e migrazione

I percorsi di esposizione/migrazione considerati come potenzialmente attivi in sito sono:

- a) percorsi di esposizione sanitaria: inalazione vapori outdoor dai terreni profondi e acque di falda sottostante i rifiuti;
- b) percorso ambientale: lisciviazione dei terreni e trasporto dei contaminanti in falda verso il POC (pozzi e piezometri più in basso nel vallone).

Il percorso sanitario a) di inalazione vapori outdoor è stato implementato per le sole sostanze definite volatili dal D.Lgs. 152/06 e dalla Banca dati ISS-INAIL per AdR - 2018, ovvero per i contaminanti indicati con le sigle VVOC / VVC (composti organici / inorganici molto volatili), VOC /VC (composti organici / inorganici volatili) e SVOC / SVC (composti organici / inorganici semivolatili) nella Banca dati ISS-INAIL, escludendo quindi le sostanze indicate con la sigla POM / PM (composti organici / inorganici associati al particolato).

Il percorso ambientale b) di lisciviazione dei terreni e trasporto dei contaminanti in falda verso il POC è stato implementato in maniera estremamente cautelativa per tutte le sorgenti individuate per i terreni insaturi.

Si evidenzia che la modellazione di tale percorso tramite software di AdR porta generalmente ad una sovrastima delle concentrazioni attese nelle acque sotterranee, a causa delle assunzioni utilizzate dalle equazioni di calcolo, tra cui:

- stato stazionario ( $t \rightarrow \infty$ );
- emissione continua di contaminante (ovvero sorgente che non si esaurisce nel tempo), che è già noto non essere aderente alla realtà considerando che la quasi totalità dei contaminanti non è stata più rilevata nei campionamenti del 2024;
- mezzo isotropo e omogeneo.

Nel caso specifico, i Metalli Pesanti come Arsenico, Berillio, Ferro, Manganese, Mercurio, Rame e Tallio rinvenuti nei suoli o nelle acque sotterranee in concentrazioni superiori alle CSC, possono essere lisciviati sotto forma ionica e raggiungere sia copri idrici sotterranei ma anche interagire con le particelle che costituiscono il suolo adsorbendosi alle stesse attraverso dei fenomeni di diversa natura fisico-chimica. I Metalli Pesanti, ad eccezione del mercurio, non sono biodegradabili, sono discretamente solubili e non sono volatili e pertanto risultano essere molto persistenti nell'ambiente. Anche se non sono biodegradabili i Metalli Pesanti possono bioaccumularsi negli organismi viventi, determinando in genere un incremento di concentrazione di tali contaminanti all'avanzare dei livelli trofici (Biomagnificazione).

Per ciò che concerne gli inquinanti organici diversi sono i gruppi di composti che possono essere rilasciati dai suddetti rifiuti. In particolare si considerano gli Idrocarburi e gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) rinvenuti nel suolo e/o nelle acque sotterranee. Tali contaminanti possono impattare le diverse matrici ambientali: Acqua e Suolo.

Malgrado la varietà delle loro strutture, le proprietà dei diversi idrocarburi presentano una serie di analogie e di regolarità. La loro molecola è costituita esclusivamente da legami di tipo covalente e di conseguenza non tende a dar luogo a legami di tipo associativo con le molecole dell'acqua, che sono invece polari: gli idrocarburi sono infatti tutti insolubili o quasi insolubili in acqua e in genere poco solubili nei solventi polari, mentre sono molto solubili nei solventi apolari. Per tale ragione si rinvengono legati alla matrice solida.

Gli IPA sono un gruppo di composti molto ampio, ne esistono in natura circa 250 varietà. Gli IPA sono poco solubili ed altamente idrofobici per cui in un sistema solido-liquida tendono a ripartirsi principalmente con il solido le cui caratteristiche variano considerevolmente.

I composti organici descritti brevemente in precedenza sono biodegradabili, anche se presentano cinetiche di biodegradazione molto diverse a seconda della struttura molecolare.



Altri veicoli di migrazione degli inquinanti dalle sorgenti ai bersagli sono:

- contatto diretto: le indagini eseguite hanno evidenziato la presenza di RSU misti a terreno sin dal piano campagna nella gran parte dell'area esaminata; in alcuni campioni di suolo superficiale sono stati registrati superamenti e pertanto si considererà anche questo percorso. (contatto dermico ed ingestione)
- dalle acque sotterranee alle acque superficiali e alla fauna e vegetazione: le acque sotterranee rinvenute inquinate per diversi analiti formano una falda episuperficiale che può essere utilizzata a scopi irrigui (cosa probabile a valle del sito di discarica) o dare origine a punti sorgentizi che possono riversarsi nella rete
- idrografica naturale alterandone la composizione naturale. Gli inquinanti così dispersi possono essere assorbiti dagli organismi viventi bio-accumulandosi in essi ed entrando nella catena alimentare.

Il percorso è stato tuttavia implementato assecondando l'impostazione riportata nelle Linee Guida del MATTM laddove, nel caso di interventi di Messa in Sicurezza Operativa o barriera di tipo fisico, si propone che “venga attivato il percorso di lisciviazione e trasporto in falda, non ai fini del calcolo del rischio o delle CSR, ma con l'obiettivo di stimare le concentrazioni attese al Punto di Conformità e contribuire all'ottimizzazione dei sistemi di monitoraggio delle acque sotterranee. L'attivazione di tale percorso consentirà di stabilire gli interventi prioritari da attuare sulle fonti di contaminazione attive.”

Per i motivi di cui sopra il percorso è stato verificato e rivalutato sulla base delle concentrazioni effettivamente misurate nelle acque di falda nelle campagne di monitoraggio condotte nel 2015, 2022 e 2024.

Infine, si specifica che non è stato considerato il percorso di inalazione indoor in quanto nell'area non sono presenti edifici e le sorgenti si trovano ad una distanza superiore a 30 m dagli edifici/strutture ubicate esternamente al sito (superiore quindi alla distanza massima prevista per l'attivazione del percorso di inalazione indoor).

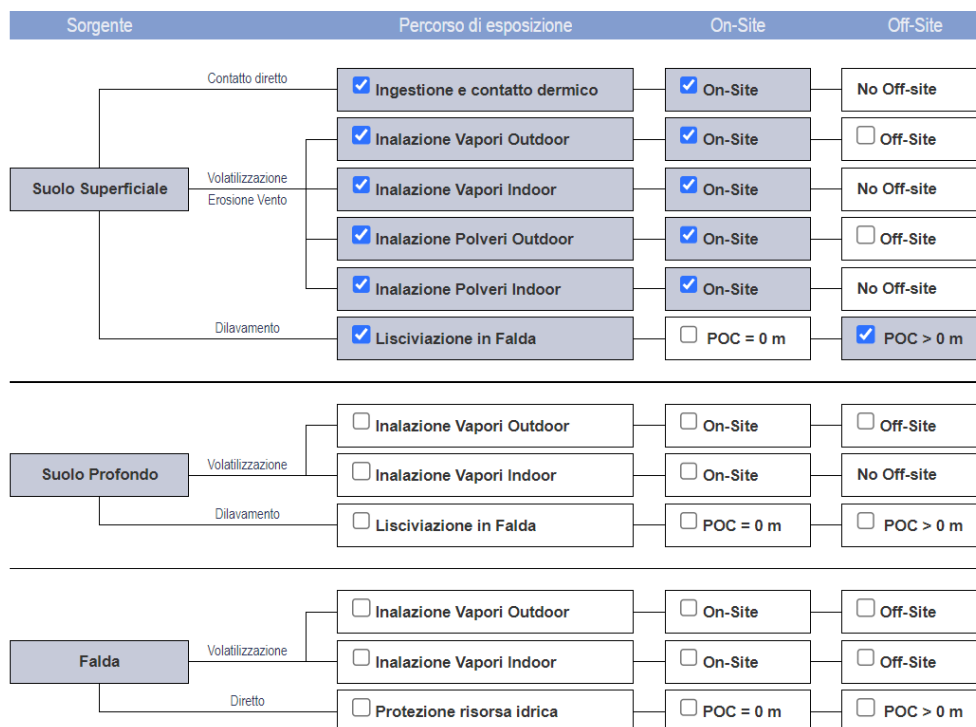


Figura 3.7 - Percorsi di esposizione e migrazione matrice suolo superficiale



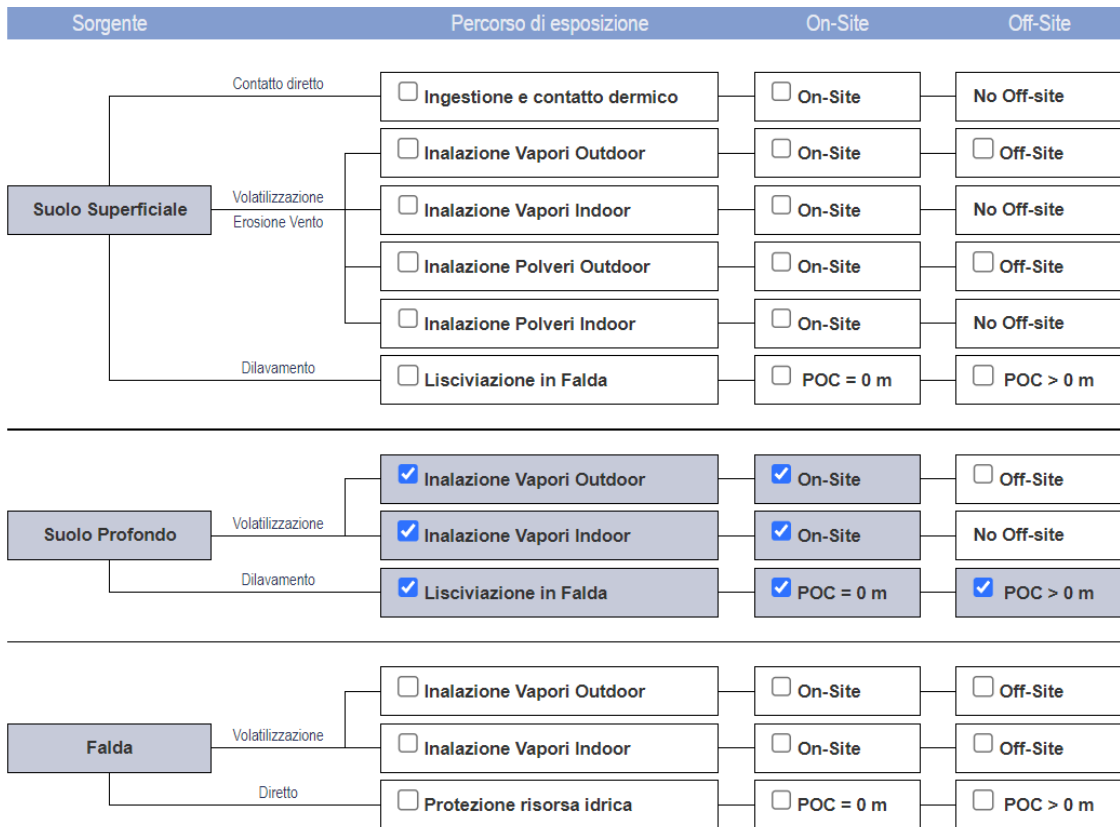


Figura 3.8 - Percorsi di esposizione e migrazione matrice suolo profondo

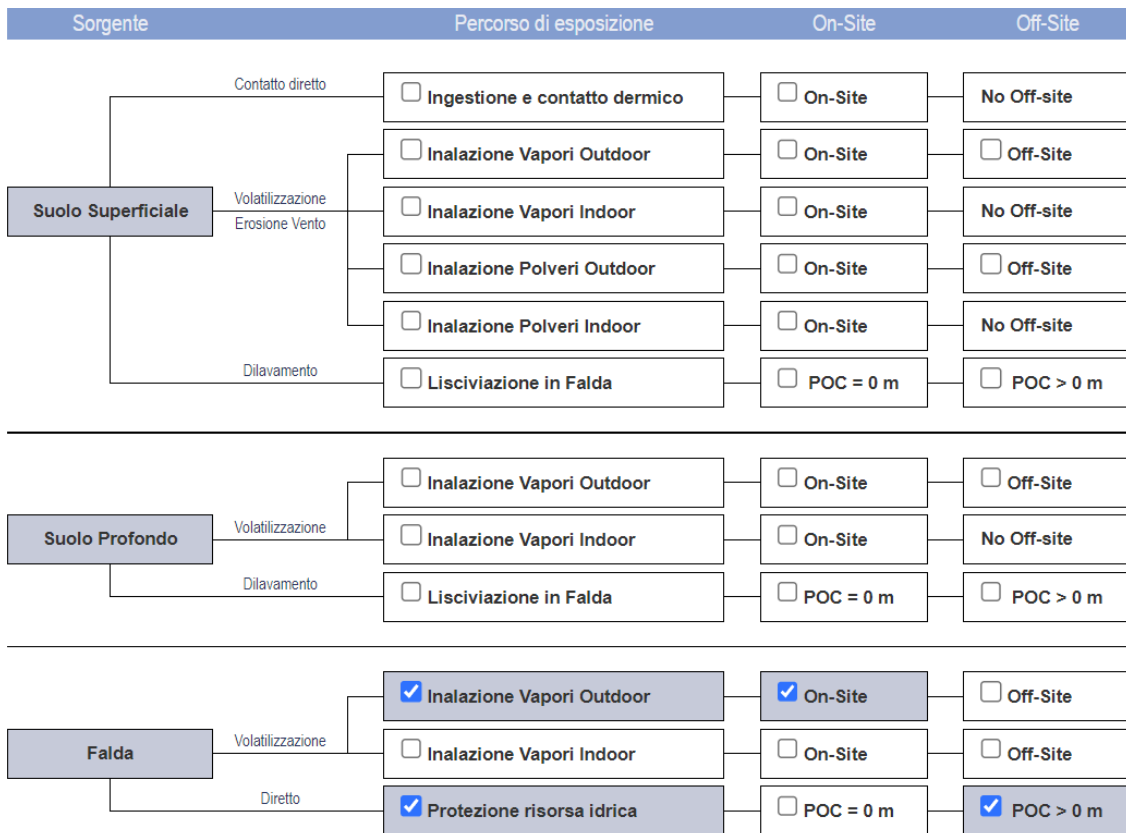


Figura 3.9 - Percorsi di esposizione e migrazione matrice acque sotterranee



## 4. Analisi di rischio - Risultati

Una volta definito il modello geologico-idrogeologico del sito, valutato il grado e l'estensione delle aree con superamenti delle CSC nelle diverse matrici ambientali (sorgenti di contaminazione), definiti i percorsi di migrazione e i potenziali bersagli, si procede con l'applicazione dell'analisi di rischio sanitaria ambientale sito-specifica che mira a verificare l'accettabilità delle concentrazioni misurate sul sito della ex discarica o, in alternativa, la necessità di progettare interventi atti a determinare la riduzione dei valori ai livelli fissati e/o, comunque, sopportabili. Le aree di suddivisione del sito sono mostrate nella Tavola 2 allegata all'Adr..

La valutazione dell'Analisi di Rischio viene effettuata mediante l'utilizzo del software Risk-net ver. 3.2 realizzato dall'Università degli studi di Tor Vergata – Roma, seguendo le indicazioni contenute nel documento "Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati" redatto da APAT.

Nelle Tabella che segue sono sintetizzati tutti i risultati delle valutazioni dei rischi condotte. In particolare, per ogni sorgente presente nei suoli profondi (SP) e acque di falda vengono riepilogati:

1. I dati relativi alle caratteristiche della sorgente e cioè:
  - i punti di indagine presi in considerazione,
  - i contaminanti (COC) che hanno mostrato superamenti della CSC (o dei valori di riferimento ISS),
  - la concentrazione rappresentativa della sorgente (CRS) e le sue modalità di valutazione,
  - le profondità del tetto e della base della sorgente nei terreni o di soggiacenza della falda per le sorgenti nelle acque sotterranee,
  - la concentrazione di saturazione del terreno (C<sub>sat</sub>) o solubilità delle acque (S).
2. i risultati dell'AdR svolta in modalità diretta e cioè i rischi tossici (HI) e cancerogeni (R) associati alla concentrazione rappresentativa della sorgente CRS e la concentrazione prevista al punto di conformità (POC, posto in corrispondenza dei pozzi S15bis ed S19 presenti lungo il confine di valle del sito e del piezometro ubicato in S21) a seguito del percorso di lisciviazione dei terreni, in modo da valutare il rischio teorico previsto per la falda.
3. Le Concentrazioni Soglia di Rischio sanitarie per il singolo contaminante (CSR san) e le Concentrazioni Soglia di Rischio sanitarie che tengono conto dell'effetto cumulato dei rischi (CSRsan cum). Le CSRsan cum sono ottenute rimodulando, ove necessario, le CSRsan in modo da rispettare i valori di riferimento per i rischi cumulati dovuti sia alla presenza contemporanea di più contaminanti nella stessa sorgente sia, ove necessario, dovuti alla presenza di più sorgenti anche solo parzialmente sovrapposte. Il cumulo dei rischi è stato effettuato in maniera cautelativa considerando i rischi associati al bersaglio lavoratore on-site (senza considerare l'effetto della dispersione dei contaminanti in atmosfera). Le verifiche dell'accettabilità dei rischi cumulati fra loro ( $R_{cum}=10^{-5}$ ,  $HI < 1$ ), sono indicate nelle sezioni "cumulo dei rischi sanitari".
4. Per le sorgenti nei suoli profondi (SP) sono state infine calcolate anche le Concentrazioni Soglia di Rischio ambientali (CSR amb), che permettono il rispetto delle CSC ai POC, posti in corrispondenza dei pozzi MIPRE e dei piezometri più a valle.

Le elaborazioni effettuate con Risk-net in formato editabile sono allegate al presente lavoro mentre di seguito si commentano i risultati emersi dalle valutazioni in modalità diretta ed inversa.

Si specifica che nelle elaborazioni:

- il contaminante Mercurio è stato inserito come Mercurio elementare per il percorso di inalazione vapori e come Cloruro di Mercurio per i percorsi di lisciviazione, in conformità a quanto indicato nel Documento di supporto alla Banca dati ISS-INAIL del 2018;



- i contaminanti Idrocarburi pesanti C>12, in assenza di speciazione, sono stati implementati come classe MADEP maggiormente cautelativa nel percorso di esposizione / migrazione implementato.

## 4.1 Risultati delle valutazioni dei rischi in modalità diretta

### 4.1.1 Terreni insaturi

Nella seguente Tabella 4.1 che rappresenta uno stralcio della Tabella generata dal sw sono riportati i rischi sanitari associati alla inalazione dei vapori outdoor e migrazione nel suolo verso la risorsa idrica sotterranea e superficiale a partire dalle concentrazioni rappresentative delle sorgenti di contaminazione presenti nei terreni insaturi del sito e la valutazione delle concentrazioni ai POC considerando la lisciviazione dei contaminanti dai terreni attraverso la falda.

Nella tabella sono evidenziati nelle celle con campitura rossa i valori di rischio sanitario che superano i limiti di accettabilità ed i valori di concentrazione al POC che superano la rispettiva CSC (rischio ambientale calcolato non accettabile).

Essendo i campioni di suolo contaminato stati rilevati in corrispondenza dei pozzi S14 ed S15, tranne il mercurio in S8, si determina la condizione che la contaminazione si trova sostanzialmente in corrispondenza del POC, trovandosi quei pozzi nelle immediate vicinanze del ponte-tubo dell'acquedotto dove è stato appunto posizionato il POC.

Condizioni di indice di rischi0 cancerogeno (R) e di indice di pericolo (HI) superiori ai valori standard di riferimento, rispettivamente R=1 ed HI= 1,00E-06, si rilevano a carico di:

#### Recettore Lavoratore:

- NESSUNO

#### Recettore Residente (Adulto e bambino):

Per R:

- Benzo(a)pirene.

Per Hi:

- Idrocarburi C>12 sia nel suolo superficiale (in S15) che nel suolo profondo.

Come già accennato, si precisa che sono state fatte delle assunzioni ulteriori relative a:

- Il contaminante Mercurio è stato inserito come Mercurio elementare per il percorso di inalazione vapori e come Cloruro di Mercurio per i percorsi di lisciviazione, in conformità a quanto indicato nel Documento di supporto alla Banca dati ISS-INAIL di marzo 2018;
- In assenza di speciazione, per gli idrocarburi pesanti C>12 è stata considerata la frazione Aromatica C8-C10, classe MADEP più cautelativa sia per i percorsi sanitari, sia nei percorsi ambientali alla classe di appartenenza in assenza di speciazione.

Va sottolineato che i rischi sanitari evidenziati si concretizzano esclusivamente ove le acque sotterranee emergano a livello del POC ed i bersagli considerati entrino in contatto con esse.

Segue tabella di riepilogo.



Sorgente	Punto di campionamento	Contaminanti COCs	Caratteristiche sorgente		Rischi sanitari associati alle CRS (Valutazione in modalità diretta)				Rischi ambientali associati alle CRS Concentrazione attesa in falda			Distanza dal POC [m]
			CRS (Concentrazione rappresentativa) [mg/kg]	Note	R outdoor on site (lavoratore) [-]	HI outdoor on site (lavoratore) [-]	R outdoor on site (residente) [-]	HI outdoor on site (residente) [-]	Alla sorgente [µg/l]	Al POC [µg/l]	CSC [µg/l]	
Suolo superficiale	S15	Idrocarburi C>12	8,10E+01	a	---	1,47E-01	---	1,01E+00	2,50E-01	2,50E-01	3,50E+02	0
Area sito Suolo profondo	S8	Mercurio	2,80E+00	a, b	---	---	---	---	8,08E-01	2,85E-05	1,00E+00	385
	S14	Rame	4,10E+02	a	---	1,07E-01	---	7,02E-01	4,39E+02	4,39E+02	1,00E+03	0
	S15	Benzo (a) antracene	3,40E+00	a	2,52E-08	---	2,65E-07	---	7,21E-02	7,21E-02	1,00E-01	0
	S15	Benzo (a) pirene	7,20E+00	a	1,61E-07	1,50E-03	1,69E-06	9,81E-03	4,61E-02	4,61E-02	1,00E-02	0
	S15	Benzo (b) fluorantene	2,70E+00	a	5,92E-09	---	6,23E-08	---	1,69E-02	1,69E-02	1,00E-01	0
	S15	Benzo (k) fluorantene	3,00E+00	a	6,71E-10	---	7,06E-09	---	1,92E-02	1,92E-02	5,00E-02	0
	S15	Benzo (g,h) perilene	3,50E+00	a	---	2,71E-06	---	1,77E-05	8,32E-03	8,32E-03	1,00E-02	0
	S15	Crisene	5,20E+00	a	2,62E-10	---	2,76E-09	---	7,51E-02	7,51E-02	5,00E+00	0
	S15	Dibenzo (a,e) pirene	3,50E-01	a	---	6,62E-08	---	4,32E-07	2,04E-04	2,04E-04	1,00E-02	0
	S15	Indenopirene	2,50E+00	a	1,68E-09	---	1,77E-08	---	4,81E-03	4,81E-03	1,00E-01	0
	S15	Pirene	1,30E+01	a	---	2,93E-04	---	1,92E-03	8,99E-01	8,99E-01	5,00E+01	0
	S11, S15	PCB Totali	7,70E-02	a	2,59E-08	---	1,10E-07	---	3,70E-03	3,70E-03	1,00E-02	0
S15	Idrocarburi C>12	2,60E+02	a, c, d	---	4,42E-01	---	4,57E+00	7,67E+02	7,67E+02	3,50E+02	0	
		Sommatorie			2,21E-07	5,51E-01	2,15E-06	5,28E+00				

a = Valore massimo rilevato

b = Considerato come Mercurio elementare nelle acque di falda e come Cloruro di mercurio nel suolo

c = Anche suolo superficiale

d = considerata la frazione Aromatica C8-C10 più cautelativa sia per i percorsi sanitari, sia nei percorsi ambientali

Tabella 4.1 – Riepilogo valutazione dei rischi sanitari ed ambientali nei terreni insaturi (Suolo profondo) – Modalità diretta





### 4.1.2 Acque sotterranee

Nella seguente Tabella 4.2 che rappresenta uno stralcio della Tabella generata dal sw sono riportati i rischi sanitari associati alla inalazione dei vapori outdoor e salvaguardia della risorsa idrica sotterranea e superficiale a partire dalle concentrazioni rappresentative delle sorgenti di contaminazione presenti nelle acque sotterranee del sito e la valutazione delle concentrazioni ai POC considerando la migrazione dei contaminanti verso il punto di conformità.

Nella tabella sono evidenziati nelle celle con campitura rossa i valori di rischio sanitario che superano i limiti di accettabilità ed i valori di concentrazione al POC che superano la rispettiva CSC (rischio ambientale calcolato non accettabile).

Per ciascun campione, nelle elaborazioni, è stato considerato il valore massimo di contaminazione rilevato e conseguentemente è stata inserita come distanza dal POC della sorgente di contaminazione la distanza che intercorre tra il POC ed il pozzo nel quale quel valore massimo è stato rilevato.

Nella totalità dei casi (salvo che per Ferro e Piombo) i valori rilevati nelle campagne più recenti sono stati costantemente di entità inferiore a quella dei valori utilizzati per i calcoli nella AdR. Ne consegue che l'AdR stessa fotografa una condizione che dovrebbe essere peggiore di quelle effettivamente esistente nel sito.

Condizioni di indice di rischi0 cancerogeno (R) e di indice di pericolo (HI) superiori ai valori standard di riferimento, rispettivamente R=1 ed HI= 1,00E-06, si rilevano a carico di:

#### Rischi sanitari

##### Recettore Lavoratore:

Per R:

- Arsenico;
- Cloruro di vinile;

Per HI:

- NESSUNO

##### Recettore Residente (Adulto e bambino):

Per R:

- Arsenico;
- Piombo
- Cloruro di vinile;
- 1,2,3 Tricloropropano.

Per HI:

- Arsenico;
- Ferro;
- Nichel;
- Manganese;
- Fluoruri;

Come già accennato, si precisa che sono state fatte delle assunzioni ulteriori relative a:



- Il contaminante Mercurio è stato inserito come Mercurio elementare per il percorso di inalazione vapori e come Cloruro di Mercurio per i percorsi di lisciviazione, in conformità a quanto indicato nel Documento di supporto alla Banca dati ISS-INAIL di marzo 2018;
- In assenza di speciazione, per gli idrocarburi pesanti C>12 è stata considerata la frazione Aromatica C8-C10, classe MADEP più cautelativa sia per i percorsi sanitari, sia nei percorsi ambientali alla classe di appartenenza in assenza di speciazione.

Va sottolineato che i rischi sanitari evidenziati si concretizzano esclusivamente ove le acque sotterranee emergano a livello del POC ed i bersagli considerati entrino in contatto con esse.

## Rischi ambientali

Analogamente, per i rischi ambientali associati alle CRS, nelle ipotesi poste a base dell'analisi, ed ove le concentrazioni in sorgente fossero tuttora analoghe a quelle rilevate in fase di campionamento (2006, 2015 e 2022) la concentrazione attesa al POC in assenza di interventi di bonifica risulta eccessiva per le sostanze: Arsenico, Ferro, Nichel, Piombo, Manganese, Fluoruri, Cloruro di vinile, 1,1 Dicloroetilene, Tetracloroetilene (PCE, 1,1,2 Tricloroetano, 1,2,3 Tricloropropano, 1,1,2,2 Tetracloroetano, Benzene, Triclorometano, p-Xilene..

Si sottolinea anche che i contaminanti:

- Ferro;
- Manganese;
- Cloruro di vinile.

Sono stati rilevati in concentrazioni oltre soglia anche nelle sorgenti S17 ed S29 (Cfr. Allegato 5) le quali sono esterne al sito. Tale circostanza indica che per queste sostanze vi sono contributi alla contaminazione che provengono anche da altre aree e non soltanto dal sito oggetto del presente lavoro.

Segue Tabella di riepilogo.



Sorgente	Punto di campionamento (a)	Contaminanti COCs	Caratteristiche sorgente CRS (Concentrazione rappresentativa)		Rischi sanitari associati alle CRS (Valutazione in modalità diretta)				Rischi ambientali associati alle CRS Concentrazione attesa in falda			Distanza dal POC [m]
			[µg/l]	Note	R outdoor on site (lavoratore)	HI outdoor on site (lavoratore)	R outdoor on site (residente)	HI outdoor on site (residente)	Alla sorgente	AI POC	CSC	
					[-]	[-]	[-]	[-]	[µg/l]	[µg/l]	[µg/l]	
Area sito	S6-8, S10-12, S21-24	Arsenico	9,06E+01	b	1,01E-04	6,29E-01	4,31E-04	4,11E+00	9,06E+01	1,93E+01	1,00E+01	430
	S8-9, S11-12, S21-24	Cromo	1,39E+02	b	---	2,18E-04	---	1,42E-03	1,29E+02	3,34E+01	5,00E+01	380
	S6-13, S18, S21-24, S26, S29	Ferro	2,76E+04	b	---	3,86E-01	---	2,52E+00	2,76E+04	2,76E+04	2,00E+02	10
	S8, S10-12, S21-24, S26	Nichel	1,16E+03	b	---	4,99E-01	---	3,26E+00	1,16E+03	1,02E+03	2,00E+01	75
	S11	Piombo	2,69E+01	b	4,49E-07	4,22E-02	1,91E-06	2,76E-01	2,69E+01	1,51E+01	1,00E+01	150
	S5-13, S18, S21-24, S26	Manganese	8,50E+03	b	---	1,85E-01	---	1,21E+00	8,50E+03	2,65E+03	5,00E+01	290
	S9-10, S21-22, S26	Nitriti	1,40E+03	b	---	2,25E-02	---	1,47E-01	1,40E+03	2,30E+02	5,00E+02	560
	S10-11, S21-22, S24	Fluoruri	2,26E+03	b	---	3,69E-01	---	2,41E+00	2,26E+03	2,26E+03	1,50E+03	10
	S4, S6-13, S18, S21-24, S26	Solfati [mg/l]	5,56E+03	b	---	---	---	---	5,56E+03	1,62E+03	2,50E+05	310
	S6-7, S10-11, S19, S24	Cloruro di vinile	1,20E+01	b	2,88E-06	4,79E-06	2,70E-05	4,06E-02	1,20E+01	1,91E+00	5,00E-01	580
	S8, S16	1,1-Dicloroetilene	3,70E-01	b	---	3,45E-08	---	1,14E-04	3,70E-01	8,89E-02	5,00E-02	380
	S8, S10-11, S21-24, Sorgente	Tetracloroetilene (PCE)	7,60E+01	b	1,19E-07	2,64E-02	5,06E-07	1,72E-01	7,60E+01	1,62E+01	1,10E+00	430
	S8-11, S21-24, S26	1,1,2-Tricloroetano	2,94E+00	b	1,25E-07	1,53E-03	5,31E-07	1,00E-02	2,94E+00	6,26E-01	2,00E-01	430
	S8, S10-11, S13	1,2,3-Tricloropropano	2,00E-02	b	5,04E-07	1,18E-05	5,30E-06	7,68E-05	2,00E-02	4,80E-03	1,00E-03	380
	S8, S10-11, S12,13	1,1,2,2-Tetracloroetano	1,10E-01	b	1,85E-08	1,29E-05	7,86E-08	8,44E-05	1,10E-01	2,64E-02	5,00E-02	380
	S8-9, S11, S16	Benzene	1,43E+01	b	2,74E-06	3,49E-02	1,17E-05	2,28E-01	1,43E+01	1,43E+01	1,00E+00	0
	S11, S16	Triclorometano	5,00E-01	b	5,42E-08	4,89E-04	2,31E-07	3,20E-03	5,00E-01	5,00E-01	1,50E-01	0
	S8-9, S16	Toluene	4,94E+01	b	---	1,57E-03	---	1,03E-02	4,94E+01	1,28E+01	1,50E+01	350
S8-9, S11, S16	p-Xilene	5,42E+01	b	---	1,57E-03	---	4,50E-03	5,42E+01	1,41E+01	1,00E+01	350	
			Sommatorie		1,08E-04	2,20E+00	4,78E-04	1,44E+01				

a = Un trattino tra due numeri di pozzo indica che il sueramento è avvenuto in tutti i pozzi compresi tra i due numeri. Esempio: S6-8, indica che il sueramento è avvenuto in S6, S7 ed S8.

b = Valore massimo rilevato

Tabella 4.2 - Rischi sanitari associati alle concentrazioni rappresentative della sorgente nelle acque sotterranee



## 4.2 Risultati delle valutazioni delle CSR in modalità inversa

La modalità inversa (*backward mode*) permette il calcolo della massima concentrazione ammissibile in sorgente compatibile con il livello di rischio ritenuto accettabile per il recettore esposto. Tale concentrazione rappresenta, nel Livello 2 di applicazione dell'analisi di rischio, l'obiettivo di bonifica specifico per il sito in esame.

In particolare, stabilita la soglia di rischio tollerabile e utilizzando le formule inverse della procedura diretta (Appendice Q del manuale ISPRA), si ottiene una concentrazione accettabile nel punto di esposizione ed infine, per mezzo dei fattori di trasporto, si arriva a stimare la concentrazione accettabile in sorgente.

### 4.2.1 Terreni insaturi

Come richiesto dalla normativa vigente sono quindi state valutate le CSR per le sorgenti di contaminazione individuate.

Nella Tabella 4.3 seguente sono riportate le concentrazioni soglia di rischio calcolate per il percorso sanitario di inalazione vapori (CSR sanitarie) e quelle calcolate per il percorso ambientale di lisciviazione e trasporto ai POC (CSR ambientali).

Le CSR calcolate sono state sottoposte a verifica in modalità diretta calcolando i rischi associati ad ogni sorgente e, ove necessario valutando i rischi cumulati di più sorgenti.

Le CSR che risultano superate dalle concentrazioni rappresentative delle sorgenti sono evidenziate nelle celle con campitura rossa. Le CSR risultate inferiori alle CSC / Limiti ISS (altre celle) sono state poste ai limiti di riferimento stessi in conformità a quanto indicato nelle Linee Guida del MATTM.

CSR per il Suolo Superficiale (Residenti)												
Contaminante	CRS	C <sub>sat</sub>	On-Site	On-Site	On-Site	On-Site	On-Site	On-Site	On-Site	On-Site	Off-Site	POC
			Ingestione di suolo	Contatto Dermico	Vapori Outdoor	Polveri Outdoor	Cumulato outdoor	Vapori Indoor	Polveri Indoor	Cumulato indoor	Lisciviazione	
			HH	HH	HH	HH	HH	HH	HH	HH	HH	
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	m
Aromatici C >8-10	8.10e+1	1.40e+3	3.13e+3	1.12e+4	> C <sub>sat</sub>	>1e+6	2.18e+3	8.00e+1	>1e+6	8.00e+1	2.47e+2	0

CSR per il Suolo Superficiale (Lavoratori)												
Contaminante	CRS	C <sub>sat</sub>	On-Site	On-Site	On-Site	On-Site	On-Site	On-Site	On-Site	On-Site	Off-Site	POC
			Ingestione di suolo	Contatto Dermico	Vapori Outdoor	Polveri Outdoor	Cumulato outdoor	Vapori Indoor	Polveri Indoor	Cumulato indoor	Lisciviazione	
			HH	HH	HH	HH	HH	HH	HH	HH	HH	
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	m
Aromatici C >8-10	8.10e+1	1.40e+3	8.18e+4	6.19e+4	> C <sub>sat</sub>	>1e+6	3.41e+4	5.52e+2	>1e+6	5.52e+2	> C <sub>sat</sub>	0

Tabella 4.3 – Riepilogo CSR cumulate per i terreni insaturi

### 4.2.2 Acque sotterranee

Analogamente nella seguente Tabella 4.4 sono riportate le concentrazioni soglia di rischio calcolate per il percorso sanitario di inalazione vapori (CSR sanitarie) per le sostanze indice dell'acquifero superficiale, suddivise in base ai bersagli recettori lavoratore e residente (inclusi bambini).

Come già più volte detto, i risultati ottenuti tengono conto dell'attivazione del percorso "Protezione riserva idrica" che presuppone contatto diretto dei bersagli con i contaminanti. Diversamente, con l'attivazione del solo percorso di inalazione legato alla volatilizzazione dei contaminanti non si ottengono criticità.



CSR per la Falda (Lavoratori)					
Contaminante	CRS	Sol	On-Site	Off-Site	POC
			Vapori Outdoor	Protezione risorsa idrica	
			HH	HH	
	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	
Arsenico	9.06e+1	-	NV	<b>8,96E-01</b>	430
Cromo totale	1.39e+2	-	NV	6,38E+05	380
Ferro	2.76e+4	-	NV	7,15E+04	10
Nichel	1.16e+3	-	NV	2,33E+03	75
Piombo	2.69e+1	-	NV	6,00E+01	150
Manganese	8.50e+3	-	NV	4,60E+04	290
Nitriti	1.40e+3	-	NV	6,22E+04	560
Fluoruri	2.26e+3	4.22e+7	NV	6,13E+03	10
Solfati	5.56e+3	-	-	-	310
Cloruro di vinile	1.20e+1	8.80e+6	2.65e+4	<b>2,50E+00</b>	580
Dicloroetilene (1,1)	3.70e-1	2.42e+6	> Sol	2,13E+04	380
Tetracloroetilene	7.60e+1	2.06e+5	> Sol	6,40E+02	430
Tricloroetano (1,1,2)	2.94e+0	4.59e+6	6.73e+4	2,36E+01	430
Tricloropropano (1,2,3)	2.00e-2	1.75e+6	1.67e+5	3,97E-02	380
Tetracloroetano (1,1,2,2)	1.10e-1	2.83e+6	2.77e+4	5,96E+00	380
Benzene	1,43E+01	1,79E+06	5,88E+04	5,20E+00	0
Tricolorometano	5,00E-01	7,95E+06	2,59E+04	9,23E+00	0
Toluene	4,94E+01	5,26E+05	> Sol	3,14E+04	350
p-Xilene	5,42E+01	1,62E+05	> Sol	7,86E+04	350

CSR per la Falda (Residenti)					
Contaminante	CRS	Sol	On-Site	Off-Site	POC
			Vapori Outdoor	Protezione risorsa idrica	
			HH	GW	
	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	
Arsenico	9.06e+1	-	NV	<b>2,10E-01</b>	430
Cromo totale	1.39e+2	-	NV	9,77E+04	380
Ferro	2.76e+4	-	NV	<b>1,10E+04</b>	10
Nichel	1.16e+3	-	NV	<b>3,56E+02</b>	75
Piombo	2.69e+1	-	NV	<b>1,41E+01</b>	150
Manganese	8.50e+3	-	NV	<b>7,04E+03</b>	290
Nitriti	1.40e+3	-	NV	9,52E+03	560
Fluoruri	2.26e+3	4.22e+7	NV	<b>9,39E+02</b>	10
Solfati	5.56e+3	-	-	-	310
Cloruro di vinile	1.20e+1	8.80e+6	4.38e+3	<b>4,30E-01</b>	580
Dicloroetilene (1,1)	3.70e-1	2.42e+6	> Sol	3,26E+03	380
Tetracloroetilene	7.60e+1	2.06e+5	> Sol	1,50E+02	430
Tricloroetano (1,1,2)	2.94e+0	4.59e+6	1.33e+4	<b>5,54E+00</b>	430
Tricloropropano (1,2,3)	2.00e-2	1.75e+6	3.97e+4	<b>3,77E-03</b>	380
Tetracloroetano (1,1,2,2)	1.10e-1	2.83e+6	5.49e+3	1,40E+00	380
Benzene	1,43E+01	1,79E+06	1,17E+04	1,22E+00	0
Tricolorometano	5,00E-01	7,95E+06	5,13E+03	2,17E+00	0
Toluene	4,94E+01	5,26E+05	> Sol	4,81E+03	350
p-Xilene	5,42E+01	1,62E+05	> Sol	1,20E+04	350

Tabella 4.4 – Riepilogo CSR cumulate per le acque sotterranee



## 5. Conclusioni

### 5.1 Valutazione critica dei risultati dell'analisi

Il presente documento costituisce l'Analisi di Rischio sito specifica ai sensi del D.Lgs.152/06 e s.m.i. per i terreni insaturi e acque di falda dell'area contaminata della ex-discardica di rifiuti di "Madonna dell'Arco" in territorio del Comune di Ariano Irpino (Av)

Tale documento fa seguito agli sviluppi del procedimento tecnico-amministrativo del Progetto di intervento di bonifica della discarica Madonna dell'Arco, per il quale è stato dato incarico al Consorzio di bonifica dell'Ufita di far predisporre una nuova Analisi di rischio del sito alla luce delle ulteriori campagne di caratterizzazione svolte negli anni 2022 e 204.

L'AdR è stata applicata secondo quanto indicato nella Nota del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare Prot. 0029706/TRI del 18/11/2014 "Linee-guida sull'analisi di rischio ai sensi del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii." ed errata corrige Prot. 0002277/STA del 19/02/2015 ed implementando i Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi di rischio ai siti contaminati di cui all'omonimo manuale APAT (Ora ISPRA). Per le caratteristiche chimico-fisiche e tossicologiche delle sostanze trattate si è fatto riferimento della Banca dati ISS-INAIL per AdR - Marzo 2018).

Il modello concettuale del sito, già illustrato nell'ambito del presente documento, è stato elaborato tenendo conto di:

- **sorgenti**, distinte in suolo superficiale, profondo ed acque di falda, a secondo di dove sono stati misurate le concentrazioni superiori ai limiti;
- **percorsi** di migrazione attivati, che sono stati quelli compatibili con le caratteristiche del sito e dei contaminanti; in particolare per le sostanze rinvenute nel solo suolo profondo non sono stati attivati i percorsi di ingestione o contatto dermico;
- **recettori**, sono stati considerati i lavoratori, includendo in essi sia coloro che svolgono normalmente l'attività agricola a valle del sito, sia altri operatori che potrebbero svolgere attività inerenti alla manutenzione degli impianti della discarica stessa. E' stata inoltre attivata anche la voce "residenziale/ricreativo" in modo da poter valutare eventuali rischi qualora il sito dovesse essere destinato ad attività ricreative. Oltre alla presenza umana è stato valutato il rischio anche per la risorsa idrica sotterranea e superficiale.

Sono stati quindi assunti come riferimento i valori delle CSC di colonna A della Tabella 1 in Allegato 5, parte quarta, titolo V del D.Lgs.152/06 (Siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale – Cfr. Allegato 1).

L'AdR è stata pertanto elaborata per i terreni insaturi sulla base delle eccedenze delle CSC di Tabella 1 Colonna A e per le acque sotterranee sulla base delle eccedenze delle CSC di Tabella 2 del D.Lgs.152/06.

Lo scenario di riferimento considerato nelle elaborazione non tiene per ora conto della configurazione del sito ipotizzabile a valle delle operazioni di messa in sicurezza permanente, le quali non dovrebbero però alterare significativamente la morfologia del sito stesso.

Sulla base delle indicazioni dei Criteri Metodologici di ISPRA è stato quindi definito il modello concettuale del sito, tramite l'identificazione di 3 componenti:

1) Sorgenti secondarie di contaminazione: sono state identificate un totale di:

- n° 1 sorgenti nel terreno superficiale (0-1m da p.c.);



- n° 5 sorgenti nel terreno profondo (considerando la quota del top a -1m da p.c. ed il bottom della sorgente a fondo perforazione);
- n° 1 sorgente nelle acque di falda dell'acquifero più superficiale presente, confinato tra i terreni misti a rifiuti derivanti dall'evento franoso ed il substrato sottostante considerato meno permeabile.

## 2) Recettori e bersagli:

- **recettori sanitari:** potenziali lavoratori on-site, sulla base della destinazione d'uso del sito (assunzione cautelativa in quanto si ritiene altamente improbabile l'effettivo uso di tale area in considerazione del reale stato dei luoghi (aldilà della destinazione d'uso – Cfr. Allegato 1), ma saltuariamente possibile per interventi manutentivi e potenziali recettori residenti off site ubicati sottovento (provenienza da SO) sul ciglio del canalone o a valle.
- **recettori ambientali:** acque di falda del primo acquifero presente nelle diverse aree del sito (acquifero confinato tra rifiuti e substrato sottostante. Il punto di conformità (POC) è stato posto in corrispondenza dei pozzi S15bis ed S19 presenti lungo il confine di valle del sito e del piezometro ubicato in S21, punti di destinazione del percorso di lisciviazione dei terreni, in modo da valutare il rischio teorico previsto per la falda.

## 3) Potenziali percorsi di esposizione:

- percorsi di esposizione sanitaria: inalazione vapori outdoor dai terreni profondi e acque di falda del primo acquifero;
- percorso ambientale: lisciviazione dei terreni e trasporto dei contaminanti in falda verso i POC (pozzi S15bis, S19).

Il percorso è stato tuttavia implementato anche sostenendo l'impostazione riportata nelle Linee Guida del MATTM laddove, nel caso di interventi di Messa in Sicurezza Operativa o barriera di tipo fisico, si propone che “venga attivato il percorso di lisciviazione e trasporto in falda, non ai fini del calcolo del rischio o delle CSR, ma con l'obiettivo di stimare le concentrazioni attese al Punto di Conformità e contribuire all'ottimizzazione dei sistemi di monitoraggio delle acque sotterranee. L'attivazione di tale percorso consentirà di stabilire gli interventi prioritari da attuare sulle fonti di contaminazione attive.”

Per i motivi di cui sopra il percorso è stato verificato e rivalutato sulla base delle concentrazioni effettivamente misurate nelle acque di falda nelle campagne di monitoraggio condotte.

I calcoli sono stati effettuati con il software Risk-net v.3.2 utilizzando le equazioni riportate nei Criteri metodologici di ISPRA ed hanno mostrato quanto di seguito descritto.

Va sottolineato che, secondo il principio di massima cautela, sono state considerate le concentrazioni massime rilevate per ogni contaminante a prescindere dall'epoca e dal punto di rilevamento. In particolare nei rilevamenti 2024 nessuna presenza di IPA e di alifatici clorurati è stata segnalata, ossia i contaminanti sono risultati non essere più presenti in misura rilevabile, quindi non sotto soglia, ma in assoluto non rilevabili.

Per il suolo superficiale, i percorsi sanitari di inalazione vapori on site e off site indoor sono risultati critici esclusivamente per la sorgente S15, ubicata nella zona meridionale del sito, per le sostanze indice Idrocarburi pesanti C>12, per il recettore residente, ma non per il recettore lavoratore.

Per le altre sostanze derivanti dalla procedura di calcolo sono risultate inferiori alle CSC, pertanto la CSR è stata posta pari alla CSC stessa in conformità alle indicazioni delle Linee Guida del MATTM.

Il percorso ambientale di lisciviazione e trasporto dei contaminanti presenti nei terreni profondi verso la falda ai POC, implementato con assunzioni estremamente cautelative, è risultato critico per n.1 sorgenti:



- sorgente S15, per la lisciviazione nell'acquifero dei depositi del Benzo(a)pirene,

L'elaborazione del percorso di lisciviazione con il modello di calcolo utilizzato dal software di AdR determina una sovrastima delle concentrazioni attese in falda a causa delle assunzioni che caratterizzano le equazioni implementate. Infatti, il quadro geologico ed idrogeologico che caratterizza il sito in esame è difficilmente rappresentato dall'assunzione di mezzo saturo isotropo ed omogeneo alla base delle equazioni di calcolo. In particolare, per le sorgenti poste nella zona mediana del sito, la lisciviazione dei contaminanti nell'acquifero superficiale e il trasporto in esso sino a valle idrogeologica è fortemente cautelativa in quanto non è stato considerato il possibile travaso dei contaminanti dalla falda superficiale a quella presente più in basso che caratterizza l'idrogeologia a valle del sito.

Ad esempio per prelievi confrontabili come punto ed epoca:

- Manganese in S9 nel 2015 concentrazione rilevata 8.500 [µg/l], dalla simulazione risulterebbero attesi in falda al POC 2.600 [µg/l], mentre dal rilievo in S13 (prossimo al POC) sempre del 2015 – effettuato dal medesimo laboratorio - sono stati riscontrati 260 [µg/l].

Inoltre con confronti nello stesso punto di prelievo ma in epoche differenti si rileva che:

- Manganese dal 2015 al 2002 passa a valori massimi che sono ½ degli originari;
- Il Cloruro di vinile dal 2006 al 2022 passa a valori che sono 1/20 degli originari.

In conclusione, i risultati del percorso di lisciviazione, in particolar modo per le sorgenti nella zona centrale e di monte del sito, possono essere considerati del tutto “teorici” e non rappresentativi della effettiva situazione presente in sito. Data la complessità geologica ed idrogeologica presente, una valutazione più realistica è possibile unicamente a seguito del prosieguo del monitoraggio delle acque di falda, in particolare nei piezometri a valle idrogeologica.

In ogni caso dalla elaborazione condotta con il modello predisposto, attivando esclusivamente percorsi di inalazione outdoor non si registra alcuna criticità.

Attivando però il percorso “Protezione delle risorsa idrica”, il quale assume senso nella ipotesi che le acque della falda sotterranea raggiungano la superficie o vengano emunte per scopi agricoli e/o civili si determinano una serie di criticità come in appresso riportato:

Per Ferro e Manganese presenti nelle acque in misura molto elevata (anche se con valori risultati fortemente contrastanti tra laboratori diversi) è stato consultato l'Atlante dei suoli della Campania<sup>6</sup> (Pagg. 70-74 e 91-95) per tali metalli le aree interessate non paiono presentano anomalie significative rispetto ai valori di fondo regionali.

Maggiori probabilità della elevata presenza di tali sostanze nelle acque è plausibilmente legata alla condizione redox dei terreni che è risultata nei rilievi del 2024 fortemente dinamica, passando da condizioni ossidanti a riducenti nell'ambito del solo sito, è stato rilevato potenziali redox nell'intervallo -71,4 [mV] – +44.7 [mV] in acque prelevate da piezometri (S11-S21) distanti non più di 150 m..

Per cui più che le sostanze stesse possono essere le condizioni del sito a favorire lo stato di fatto, infatti il contenuto di carbonio organico, di composti di ferro e manganese, un eccesso di acqua, la presenza di O<sub>2</sub> e la liberazione di elettroni in seguito ad attività biologica, determinano variazioni del potenziale redox del suolo, favorendo o limitando la solubilità nelle acque di composti di queste sostanze.

In conclusione. alla luce dei risultati della caratterizzazione e dell'analisi dei rischi condotte e ai sensi dell'Art. 240 della Parte IV, Titolo 5 del D.Lgs 152/06, il sito della ex discarica di Fosso Madonna dell'Arco di Ariano

<sup>6</sup> Atlante Geochimico-Ambientale della Regione Campania – Università degli Studi Federico II – Napoli – B.De Vivo et Al. 2006 – Aracne Editrice.





Irpino è risultato contaminato e pertanto, ai sensi dell'Art. 242 del suddetto decreto, deve essere soggetto a intervento di bonifica.

In relazione a ciò dovrà essere redatto apposito progetto operativo di bonifica o di messa in sicurezza, operativa o permanente, il quale dovrà contenere nel dettaglio gli elementi specifici che si intenderà attuare per ricondurre alla accettabilità il rischio derivante dallo stato di contaminazione riscontrato.

## 5.2 Prime ipotesi di intervento per la bonifica/MISP del sito

Nell'ambito delle attività previste per la bonifica/messa in sicurezza del sito richiamate nel paragrafo precedente, al momento della stesura del presente documento risulta essere in fase di sviluppo un progetto che dovrebbe prevedere una serie di interventi sull'area quali:

- Realizzazione di un sistema di copertura (capping) nella parte di monte del sito dove sono presenti due vecchi bacini di abbancamento rifiuti.
- opere di sistemazione idraulica delle acque meteoriche incidenti in ingresso al sito e loro avvio in canali di deflusso preferenziali a bassa dispersione;
- opere di consolidamento dei costoni rocciosi che delimitano le sponde del canalone e regimazione delle acque che da questi si riversano nel canalone stesso;
- realizzazione di una paratia in calcestruzzo armato con funzione di stabilizzazione dell'ammasso di rifiuti/terreno ed interruzione del flusso idrico della prima falda con drenaggio delle acque ed avvio delle stesse ad un – eventuale – sistema di decontaminazione.

Le attività e le opere ora elencate, sebbene non strettamente indirizzate all'abbattimento dei livelli di contaminazione dei terreni presenti nel sito, determineranno certamente sia una drastica riduzione dei volumi di acque contaminate in afflusso al POC, sia una stabilizzazione dell'ammasso di rifiuti/terreno il cui movimento determina lo spostamento delle sorgenti di contaminazione e favorisce la loro attivazione.

Va considerato che la parte del sito a monte della citata paratia, tra sistema di capping e di canalizzazione delle acque superficiali incidenti sarà in grado di contribuire agli apporti idrici che alimentano la falda confinata tra terreno/rifiuti e substrato inferiore verso il POC in misura nulla o estremamente limitata.

Tali opere si ritiene possano ricondurre la contaminazione al POC a livelli accettabili per le acque di falda. Le stesse opere determinerebbero la circostanza per cui le sorgenti nel terreno profondo in tale area non verrebbero ulteriormente alimentate e di conseguenza cesserebbe (o verrebbe fortemente limitata) la lisciviazione verso valle.

Per il singolo punto di contaminazione oltre soglia di terreni superficiali (Idrocarburi C>12 e benzo(a)pirene entrambi in S15) è ipotizzabile un intervento localizzato di bonifica con asportazione dei terreni in misura sufficiente ad eliminare la sorgente di contaminazione puntuale ivi presente.

Per il trattamento dei contaminanti Ferro, Manganese, Solfati, ma anche altri ove opportuno, comunque in afflusso al POC dovrebbe essere indicato un sistema di trattamento off-site della tipologia "Pump & Treat" opportunamente tarato in grado di emungere le acque dalla falda, trattare nella misura sufficiente i contaminanti presenti e restituire le acque depurate alla falda stessa immediatamente a valle del sito di trattamento.

Queste tecnologie prevedono innanzitutto il pompaggio delle acque sotterranee ed il loro trattamento in superficie. Il vantaggio principale che deriva da tali tipi di interventi è rappresentato dai periodi di applicazione più brevi rispetto a quelli in situ e da una maggiore uniformità di trattamento, grazie alla possibilità di monitorare e miscelare continuamente le acque. Tuttavia ciò comporta una valutazione dei costi per le attrezzature, per le autorizzazioni, e per la manipolazione da parte di personale conseguentemente



soggetto a potenziali rischi di esposizione ad agenti chimici, fisici e biologici. Nel caso in esame, in base ad una valutazione del tutto preliminare, rispetto all'importanza del progetto di messa in sicurezza tali costi appaiono compatibili.

Lo stesso impianto, che può essere di tipo modulare, potrebbe occuparsi – in una diversa sezione - anche del trattamento degli altri contaminanti delle famiglie degli alifatici e dei clorurati cancerogeni e non cancerogeni.

Ovviamente tale sezione andrebbe implementata soltanto a valle di successivi campionamenti che rilevassero nuovamente la presenza di tali contaminanti, in quanto, come detto, nel corso dell'ultima campagna condotta nel 2024 non vi è più presenza di tali sostanze.

Si propone quindi di predisporre periodiche campagne di campionamento mirate ad intervenire soltanto in caso di nuovi rilevamenti positivi.

Ove la semplice copertura dei terreni nella parte di monte del sito e la regimazione e trattamento delle acque nella parte di valle non fossero ritenute sufficienti a garantire la messa in sicurezza dell'area, riguardo al suolo, ad esempio, si potrebbe intervenire con trattamenti in situ fisico-chimici che sfruttano le proprietà fisiche e chimiche dei contaminanti al fine di convertirli chimicamente in specie meno pericolose e/o di contenerne la diffusione. Una tecnica idonea potrebbe essere il "*Soil Vapor Extraction*", che si applica al suolo insaturo e che consiste nell'applicazione di vuoto nel sottosuolo, mediante blower collegati a pozzi di estrazione; lo scopo è quello di creare un gradiente di pressione che, provocando un flusso diretto verso i pozzi di estrazione, favorisce la rimozione dei contaminanti volatili (e di alcuni semivolatili). Questa tecnologia ben si adatta al caso della discarica in esame in quanto si applica principalmente per la bonifica di Idrocarburi Policiclici Aromatici ove nuovamente rilevati.

Oltre la precedente ipotesi di intervento sarebbe possibile indicarne molteplici, come ad esempio le tecnologie che prevedono trattamenti biologici atti a stimolare la crescita di microrganismi in modo che essi utilizzino i contaminanti come alimento e fonte di energia, o come la "*Phytoremediation*" che utilizza l'attività di organismi vegetali per rimuovere, trasferire, stabilizzare o distruggere i contaminanti presenti nei terreni.

In linea generale gli interventi di bonifica, trattandosi nella maggior parte dei casi di contaminazioni diffuse, anche gli interventi da prevedere dovranno garantire una efficacia areale in modo da interessare interamente i siti contaminati.

In fase di effettiva predisposizione del progetto di bonifica dovranno quindi essere individuate le più adeguate tecnologie di intervento per il perseguimento della bonifica/MISP delle aree che potranno essere scelte tra quelle prospettate o tra altre prese in esame; in tale fase si potrà anche operare una valutazione del rapporto costi/benefici che indirizzerà verso le scelte più opportune.

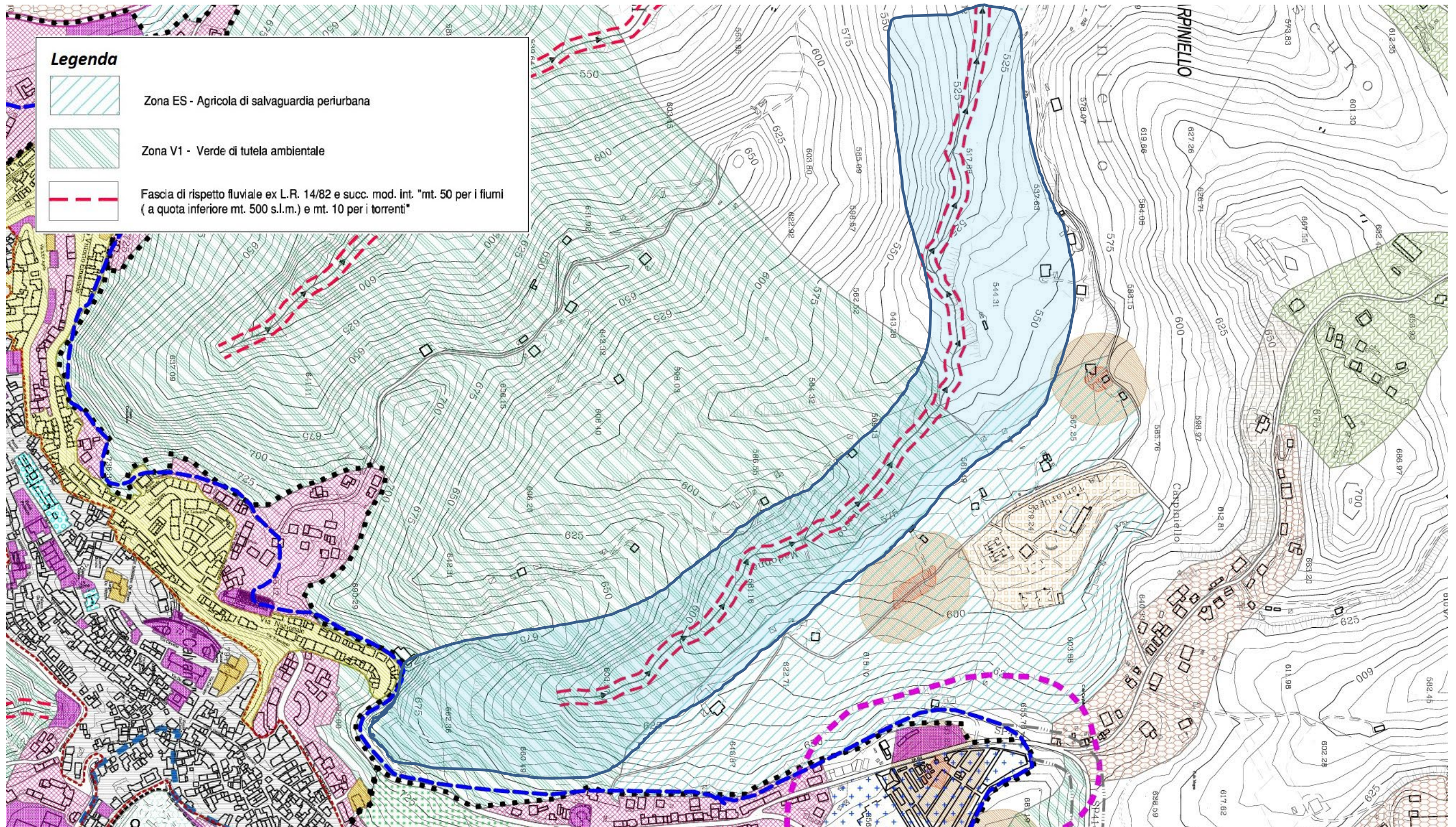
È indispensabile precisare che qualunque intervento si andrà a prevedere non potrà prescindere dalle risultanze del presente studio, con obiettivi minimi di bonifica relativi alle concentrazioni residue dei contaminanti secondo quanto indicato ai paragrafi 4.2.1 e 4.2.2 di questo documento. L'intervento dovrà inoltre essere dimensionato sulla base di dati puntuali che eventualmente andranno acquisiti con ulteriori specifiche indagini, programmate in funzione delle stesse ipotesi di intervento, da attuare prima e/o contestualmente alla fase di stesura del progetto operativo di bonifica.

L'attuazione dell'intervento di bonifica e/o messa in sicurezza ambientale, geotecnico ed idrogeologico consentirà oltre che di abbattere il livello dello stato di contaminazione riscontrato nei suoli e nelle acque di falda, di migliorare le condizioni generali in cui versa il sito e quindi di recuperare all'ambiente delle aree al momento fortemente degradate.



## 6. Allegati

### 6.1 Stralcio PUC Ariano Irpino



## 6.2 Tabelle parametri analizzati

Per la matrice suolo e sottosuolo sono stati analizzati i parametri riportati nel prospetto che segue.

SUOLO E SOTTOSUOLO			
COMPOSTI INORGANICI		ALIFATICI CLORURATI CANCEROGENI	
Antimonio	Piombo	Clorometano	Diclorometano
Arsenico	Rame	Triclorometano	Cloruro di Vinile
Berillio	Selenio	1,2- Dicloroetano	1,1,- Dicloroetilene
Cadmio	Alluminio	Tricloroetilene	Tetracloroetilene
Cobalto	Tallio	ALIFATICI CLORURATI NON CANCEROGENI	
Cromo totale	Argento	1,1-Dicloroetano	1,2- Dicloroetilene
Cromo VI	Zinco	1,1,2,2- Tetracloroetano	1,2,3- Tricloropropano
Mercurio	Ferro	1,2 Dicloropropano	1,1,1 e 1,1,2 Tricloroetano
Nichel	Manganese	ALIFATICI ALOGENATI CANCEROGENI	
Cianuri liberi	Fluoruri	Tribromometano	1,2- Dibromoetano
COMPOSTI ORGANICI AROMATICI		Dibromoclorometano	bromodiclorometano
Benzene	Toluene	IDROCARBURI	
Etilbenzene	Xilene	Idrocarburi leggeri C $\leq$ 12	Idrocarburi Pesanti C $>$ 12
Stirene	Sommatoria	FENOLI E CLOROFENOLI	
IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI		Fenoli	2-Clorofenolo
Benzo(a)antracene	Crisene	2,4-Diclorofenolo	Pentaclorofenolo
Benzo(a)pirene	Dibenzo(a,e)pirene	2,4,6-Triclorofenolo	Metilfenolo
Benzo(b)fluorantene	Dibenzo(a,h)antracene	CLOROBENZENI	
Benzo(K)fluorantene	Indeno(1,2,3- c,d)pirene	Clorobenzene	1,2-Diclorobenzene
Benzo(g,h,i)terilene	Pirene	1,4-Diclorobenzene	Pentaclorobenzene
Dibenzo(a, l)pirene	Dibenzo(a, h)pirene		
Dibenzo(a, i)pirene	Sommatoria IPA		
ALTRI COMPOSTI		1,2,4,5- Tetraclorobenzene	1,2,4-Triclorobenzene
MTBE	PCB*	Esaclorobenzene (HCB)	



Per la matrice acque sono stati analizzati i parametri riportati nel prospetto che segue.

ACQUE SOTTERRANEE			
PH		Carbonio organico Totale (TOC)	
Temperatura		Conducibilità elettrica	
Ossidabilità Kubel			
METALLI		ALIFATICI CLORURATI CANCEROGENI	
Antimonio	Piombo	Clorometano	Cloruro di Vinile
Arsenico	Rame	Triclorometano	1,1- Dicloetilene
Berillio	Selenio	1,2- Dicloetano	Tetracloroetilene
Cadmio	Tallio	Tricloroetilene	Esaclorobutadiene
Cobalto	Zinco	Sommatoria organoalogenati	
Cromo totale	Ferro	ALIFATICI CLORURATI NON CANCEROGENI	
Cromo VI	Manganese	1,1-Dicloroetano	1,2- Dicloroetilene
Mercurio	Nichel	1,1,2,2- Tetracloroetano	1,2,3- Tricloropropano
		Tribromometano	1,2 Dibromoetano
		Dibromoclorometano	Bromodichlorometano
INQUINANTI INORGANICI		1,2 Dicloropropano	1,1,2 Tricloroetano
Cianuri liberi	Solfati	IDROCARBURI	
Fluoruri	Azoto ammoniacale, nitroso, nitrico	Idrocarburi totali espressi come n-esano	
COMPOSTI ORGANICI AROMATICI			
Benzene	Toluene	FENOLI E CLOROFENOLI	
Etilbenzene	Xilene	Clorofenoli	2,4 Diclorofenoli
Stirene	Toluene	2,4,6 Triclorofenoli	Pentaclorofenoli
		CLOROBENZENI	
		Clorobenzene	Pentaclorobenzene
IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI		1,2-Diclorobenzene	1,2,4,5-Tetraclorobenzene
Benzo(a)antracene	Crisene	1,4-Diclorobenzene	1,2,4-Triclorobenzene
Benzo(a)pirene	Dibenzo(a,h)antracene	Esaclorobenzene (HCB)	



### 6.3 Parametri tossicologici contaminati indice

Contaminanti selezionati - Parametri tossicologici									
Contaminante	ADAFc	ADAFa	SFing	SFinaI	IUR	RfDing	RfDinaI	RfC	ABS
	[-]	[-]	[mg/kg/d]-1	[mg/kg/d]-1	[mg/kg/d]-1	[mg/kg/d]-1	[mg/kg/d]-1	[mg/kg/d]-1	[-]
Arsenico			1.50e+0			3.00e-4		1.50e-5	0.03
Cromo totale						1.50e+0		1.40e-4	0.01
Ferro						7.00e-1			0.01
Nichel						2.00e-2		9.00e-5	0.01
Piombo			8.50e-3			3.50e-3			0.01
Manganese						1.40e-1		5.00e-5	0.01
Nitriti						1.00e-1			0.01
Fluoruri						6.00e-2		1.30e-2	0.01
Solfati									
Cloruro di vinile	2		7.20e-1			3.00e-3		1.00e-1	0.1
Dicloroetilene (1,1)						5.00e-2		2.00e-1	0.1
Tetracloroetilene			2.10e-3			6.00e-3		4.00e-2	0.1
Tricloroetano (1,1,2)			5.70e-2			4.00e-3		2.00e-4	0.1
Tricloropropano (1,2,3)	5	3	3.00e+1			4.00e-3		3.00e-4	0.1
Tetracloroetano (1,1,2,2)			2.00e-1			2.00e-2			0.1
Benzo(a)pirene	5	3	1.00e+0			3.00e-4		2.00e-6	0.13
Rame						4.00e-2		1.40e-1	0.01
Benzo(a)antracene	5	3	1.00e-1						0.13
Benzo(b)fluorantene	5	3	1.00e-1						0.13
Benzo(k)fluorantene	5	3	1.00e-2						0.13
Benzo(g,h,i)perilene						3.00e-2		3.00e-3	0.13
Crisene	5	3	1.00e-3						0.13
Dibenzo(a,e)pirene						3.00e-2		3.00e-3	0.13
Indenopirene	5	3	1.00e-1						0.13
Pirene						3.00e-2		3.00e-3	0.13
PCB Totali			2.00e+0						0.14
Cloruro di mercurio									0.01
Aromatici C >8-10						4.00e-2		2.00e-1	0.1

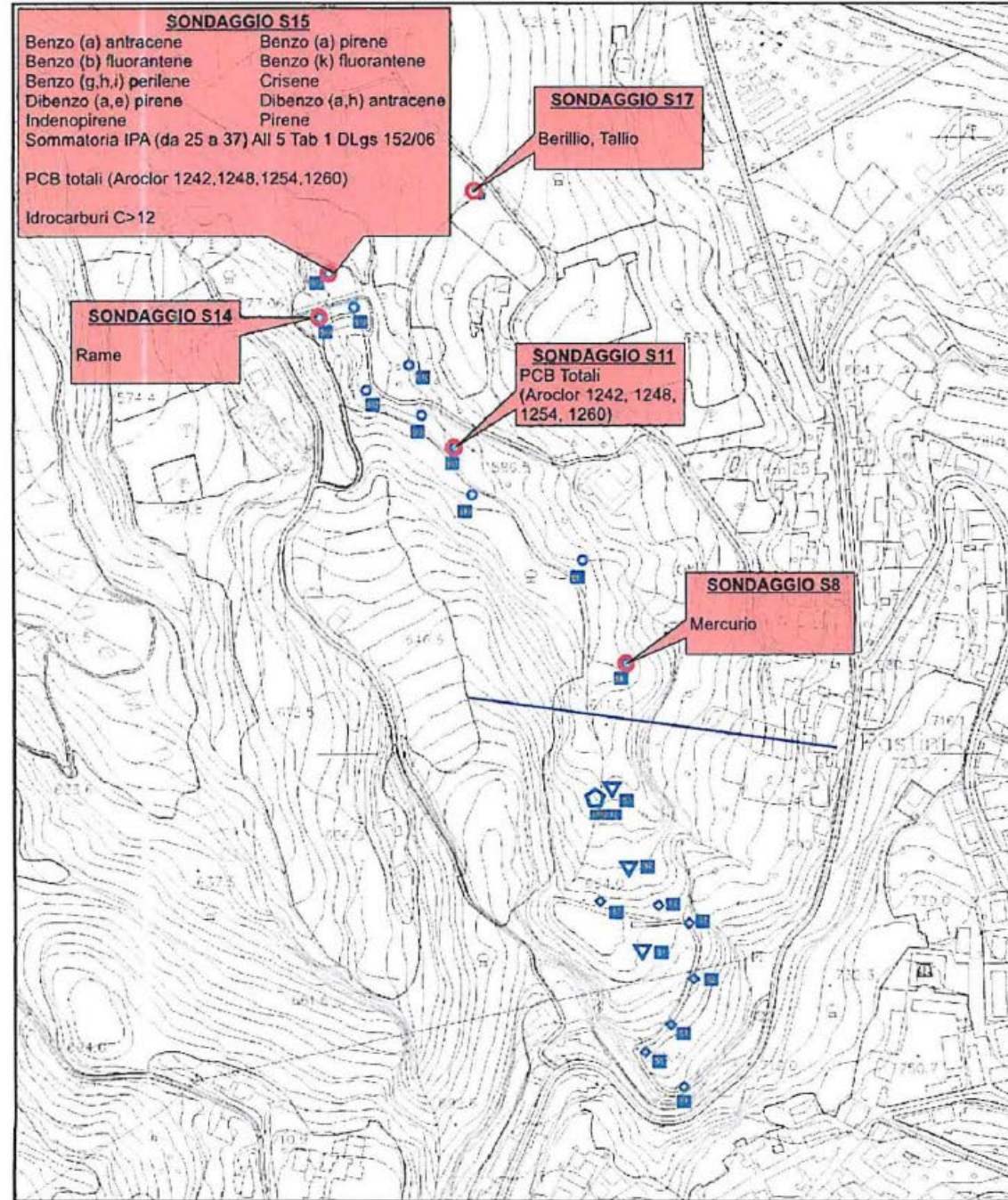
ADAFc = Fattore di aggiustamento per parametri cancerogeni dei bambini, ADAFa = Fattore di aggiustamento per parametri cancerogeni degli adolescenti, SFing = Slope Factor per ingestione (sostanze cancerogene), SFinaI = Slope Factor per inalazione (sostanze cancerogene), IUR = Inhalation Unit Risk per inalazione (sostanze cancerogene), RfDing = Reference dose per ingestione (sostanze tossiche), RfDinaI = Reference dose per inalazione (sostanze tossiche), RfC = Reference concentration per inalazione (sostanze tossiche), ABS = Fattore di assorbimento dermico.



### 6.4 Stato della contaminazione – Matrice Suolo

## STATO DELLA CONTAMINAZIONE DELLA MATRICE SUOLO

Aerofotogrammetria con indicazione dei punti di campionamento nei quali sono stati riscontrati superamenti delle CSC indicate dal D. Lgs. 152/06 per i Siti ad uso Verde Pubblico e relativi analiti rinvenuti oltre i limiti normativi



SCALA 1:5.000

tabelle di sintesi con indicazione dei valori (in mg/kg) misurati relativi per gli analiti rinvenuti oltre i limiti normativi

	Campione di terreno - S15 C3A (4.00-5.00)	Campione di terreno - S15 C4A (8.00-9.00)	Campione di terreno - S08 C3A (17.00-17.50)
Mercurio	< 0.1	< 0.1	2,8
Rame	19	6,7	
Tallio	0,1	< 0.05	
Benzo (a) antracene	3,4	2,8	
Benzo (a) pirene	7,2	5,6	
Benzo (b) fluorantene	2,7	2,2	
Benzo (k) fluorantene	3	2,4	
Benzo (g,h,i) perilene	3,5	3	
Crisene	5,2	4,4	
Dibenzo (a,e) pirene	0,35	0,25	
Dibenzo (a,l) pirene	0,034	0,023	
Dibenzo (a,h) pirene	< 0.01	< 0.01	
Dibenzo (a,i) pirene	< 0.01	< 0.01	
Dibenzo (a,h) antracene	0,45	0,47	
Indenopirene	2,5	2	
Pirene	13	11	
Sommatoria IPA (da 25 a 37) All 5 Tab 1 DLgs 152/06 (Calcolo)	42	34	
PCB totali (Aroclor 1242,1248,1254,1260)	0,077	< 0.006	0,062
Idrocarburi C>12	86	130	
			Campione di terreno - S11 C3A (9.50-10.00)
			0,062
			Campione di terreno - S14 C2A (2.00-3.00)
			410

	Campione di terreno - S17 C2A (2.00-2.50)	Campione di terreno - S17 C3A (3.30-3.80)
Berillio	2,3	4,9
Tallio	1,3	1,9

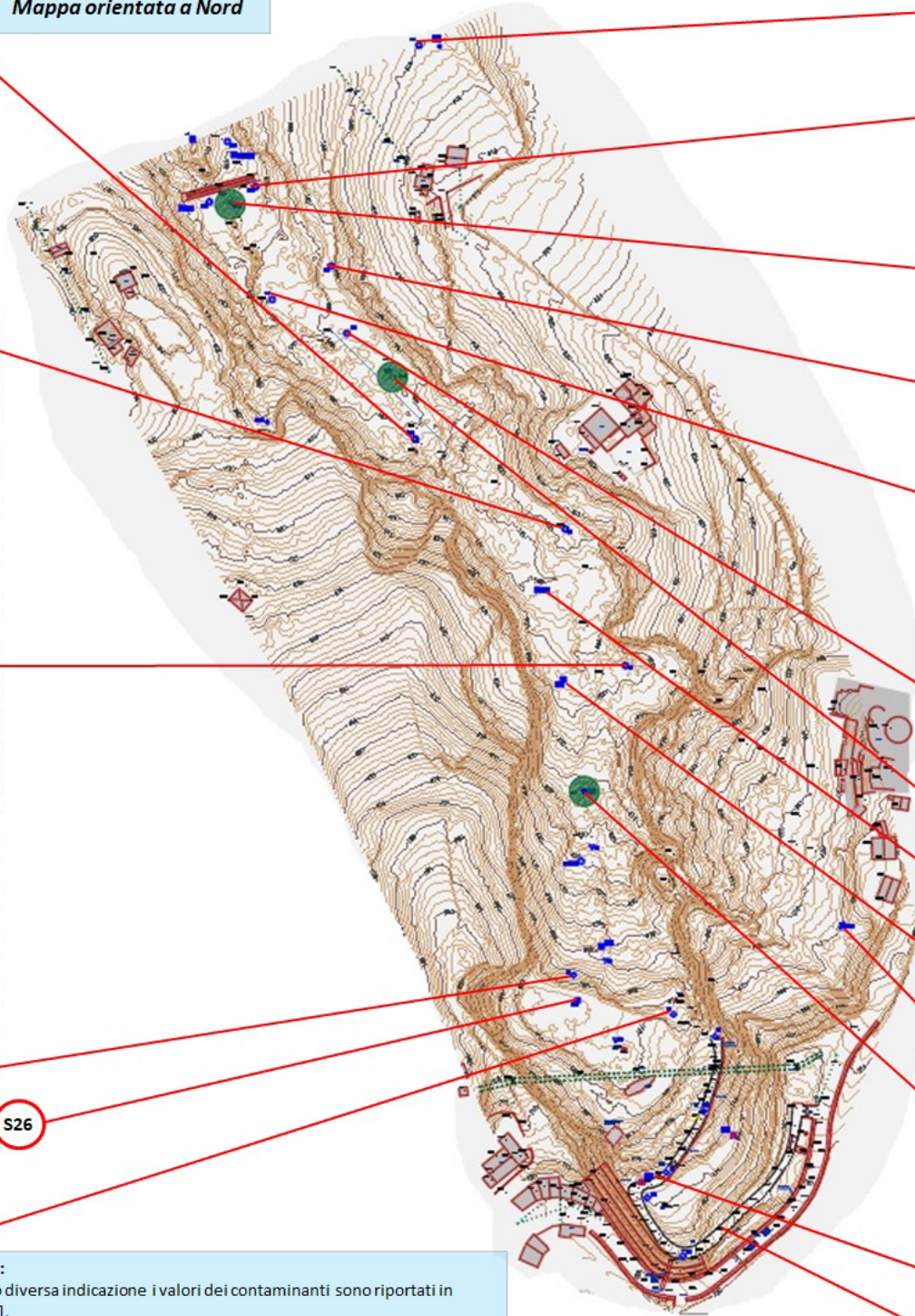


### 6.5 Stato della contaminazione – Matrice Acque

## Ex-Discarica "Madonna dell'Arco" - Riepilogo stato della contaminazione acque sotterranee 2006-2024

S10	2015	2022	ARPAC 22
Arsenico	27	16	30,8
Ferro	12000	8781	6518
Nichel			40,9
Manganese	1200	1224	903
Nitriti		1182	
Fluoruri		1697	
Solfati [mg/l]	450	360	361
Cloruro di vinile	7,2		4,53
Tetracloroetilene (PCE)		8,4	
1,1,2 Tricloro etano		0,328	
1,2,3Tricloropropano	0,011		
1,1,2,2 Tetracloroetano	0,066		

Mappa orientata a Nord



S17	2015
Manganese	110
Cloruro di vinile	0,14

S29	2022	ARPAC 22
Ferro		562
Triclorometano	27	

**Legenda**

- Sondaggio interno al sito
- Sondaggio esterno al sito
- Valore massimodel sondaggio
- Valore massimo nel sito

S13	2015
Ferro	530
Manganese	260
Solfati [mg/l]	260
1,2,3Tricloropropano	0,018
1,1,2,2 Tetracloroetano	0,1

S26	2022	ARPAC 22
Ferro	3994	4702
Nichel		23,1
Manganese	574	598
Nitriti		1400
Solfati [mg/l]	886	505

S16	ARPAC 15
Manganese	58
Benzene	14,25
Toluene	49,41
p-Xilene	54,17
Triclorometano	0,5
Cloruro di vinile	12,03

S9	2015	ARPAC 15	2022	ARPAC 22
Cromo				86
Ferro	2200		378	3279
Manganese	8500	4569	3156	3640
Nitriti			1086	
Solfati [mg/l]	630	340	529	363
Benzene		4,38		
Toluene		19,89		
p-Xilene		24,68		
Benzo(a)pirene	0,016			
Esaclorobutadiene			9,9	
1,1,2 Tricloro etano			0,4	

S21	2022	ARPAC 22	2024	ARPAC 24
Arsenico	24	61,7		
Cromo		72,8		
Ferro	9914	25061	1754	27648
Nichel		252		
Manganese	686	816	675	606
Nitriti	1007			
Fluoruri	2256			
Solfati [mg/l]	459	372		333

S12	2015	2022	ARPAC 22
Arsenico		23	15,1
Cromo			107
Ferro	760	6600	10763
Nichel			1159
Manganese	710	970	1159
Solfati [mg/l]	560	450	426
1,1,2,2 Tetracloroetano	0,064		

S24	2022	ARPAC 22	2024	ARPAC 24
Arsenico	41	90,6	14,9	13,8
Cromo		84,5		
Ferro	7814	7212	1069	8539
Nichel		105		
Manganese	565	715	747	783
Fluoruri		2150		
Solfati [mg/l]		493	505	
Tetracloroetilene (PCE)		76		
1,1,2 Tricloroetano		2,94		

S8	2015	ARPAC 15	2022	ARPAC 22
Arsenico	16			52,7
Cromo				139
Ferro	20000	1156	6200	14016
Nichel				214
Manganese	830	174	970	1165
Solfati [mg/l]	960	383	1100	2886
Benzene		5,73		
Toluene		19,55		
p-Xilene		26,8		
Cloruro di vinile		0,92		
1,1 Dicloroetilene			0,37	
Tetracloroetilene (PCE)			6,2	
1,1,2 Tricloroetano			0,3	
1,2,3Tricloropropano	0,02			
1,1,2,2 Tetracloroetano	0,11			

S18	2022	ARPAC 22
Ferro		304
Manganese	63	83,4
Solfati [mg/l]	420	

S11	2015	ARPAC 15	2022	ARPAC 22	2024	ARPAC 24
Arsenico			16	50,1		
Cromo				116		
Ferro	2700		3160	15286		269
Nichel				115		
Piombo						26,9
Manganese	1400	1670	808	1489	563	622
Fluoruri			1545			
Solfati [mg/l]	510	380	422	337		890
Benzene		5,31				
p-Xilene		22,82				
Triclorometano		0,5				
Cloruro di vinile	0,57	6,65		0,69		
Tetracloroetilene (PCE)			29,4			
1,1,2 Tricloroetano			1,13			
1,2,3Tricloropropano	0,013					
1,1,2,2 Tetracloroetano	0,08					

S22	2022	ARPAC 22
Cromo		59,9
Ferro	4784	4353
Nichel		61,3
Manganese	3263	4004
Nitriti		658
Fluoruri		1820
Solfati [mg/l]	2267	5562
Tetracloroetilene (P)	10	
1,1,2 Tricloroetano	0,4	

S7	2006	2022	ARPAC 22
Arsenico	15,7		
Ferro	7000		
Manganese	1050		
Solfati [mg/l]	610		
Cloruro di vinile	6,4		

S26

S24

S6	2006	2022	ARPAC 22
Arsenico	17,8		
Ferro	8000		
Manganese	1140		
Solfati [mg/l]	610		
Cloruro di vinile	12		

**Note:**  
Salvo diversa indicazione i valori dei contaminanti sono riportati in [µg/l].  
Le caselle vuote indicano che il valore rilevato non eccede i limiti di legge oppure che esso non è stato rilevato. Nelle caselle azzurre sono indicati l'anno di prelievo e se l'analisi è stata eseguita da un laboratorio di parte oppure dall'ARPAC.

S5	2006	2022	ARPAC 22
Manganese	520		

S4	2006	2022	ARPAC 22
Solfati [mg/l]	420		

S23	2022	ARPAC 22
Arsenico		24
Cromo		75,3
Ferro	2390	11510
Nichel		176
Manganese	3337	4290
Solfati [mg/l]	2071	4163
Tetracloroetilene (P)	7,2	
1,1,2 Tricloroetano	0,289	

Regione Campania  
Data: 17/09/2024 08:17:55, PG/2024/0432501





## 7. Tavole

Tavola 1 – Inquadramento geografico

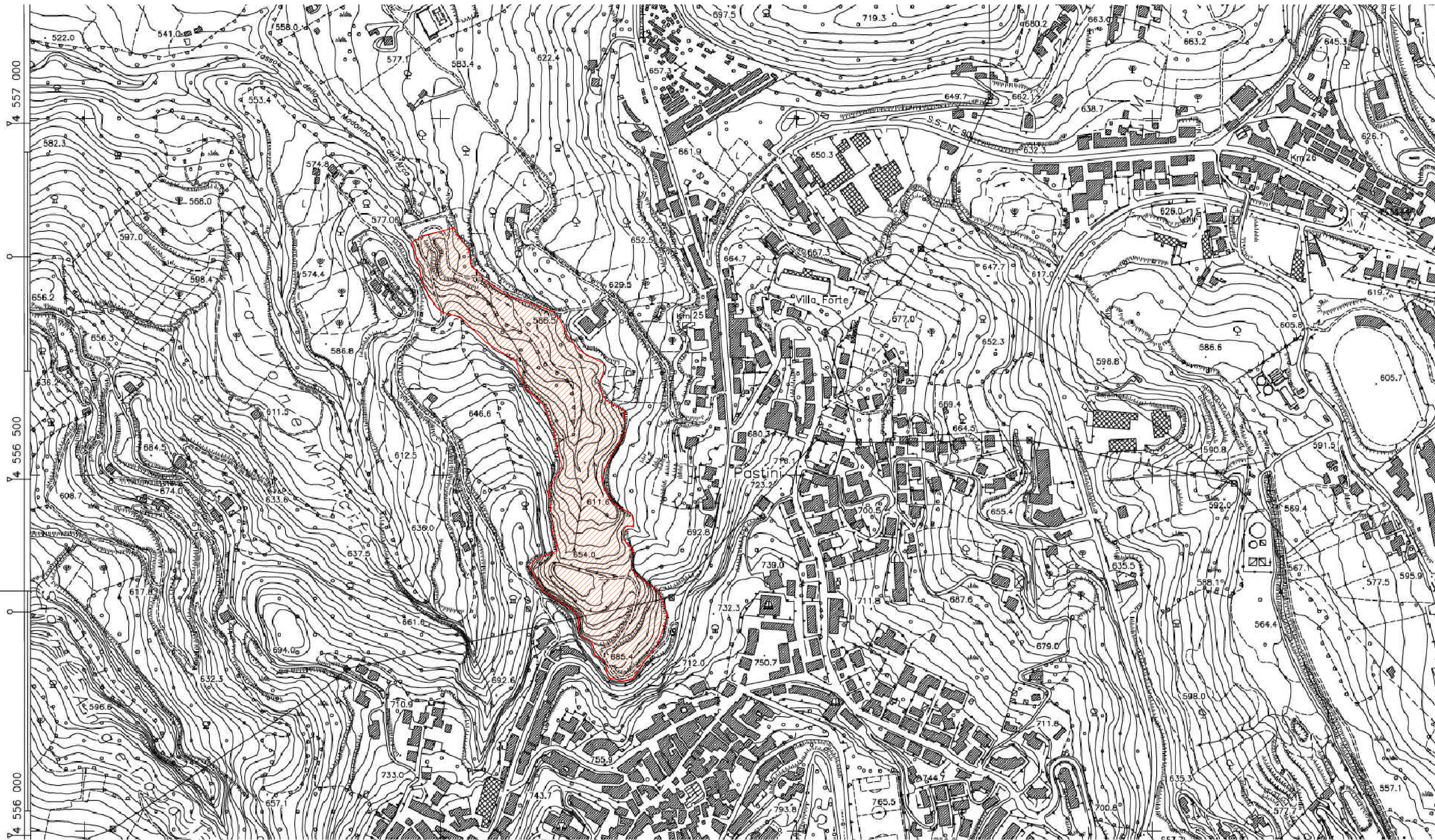
Tavola 2 – Planimetria suddivisione aree del sito

Tavola 3 – Planimetria riepilogo punti di prelievo e tabella risultati analitici



ISOLA DELLE VOLPI

41°09'30"

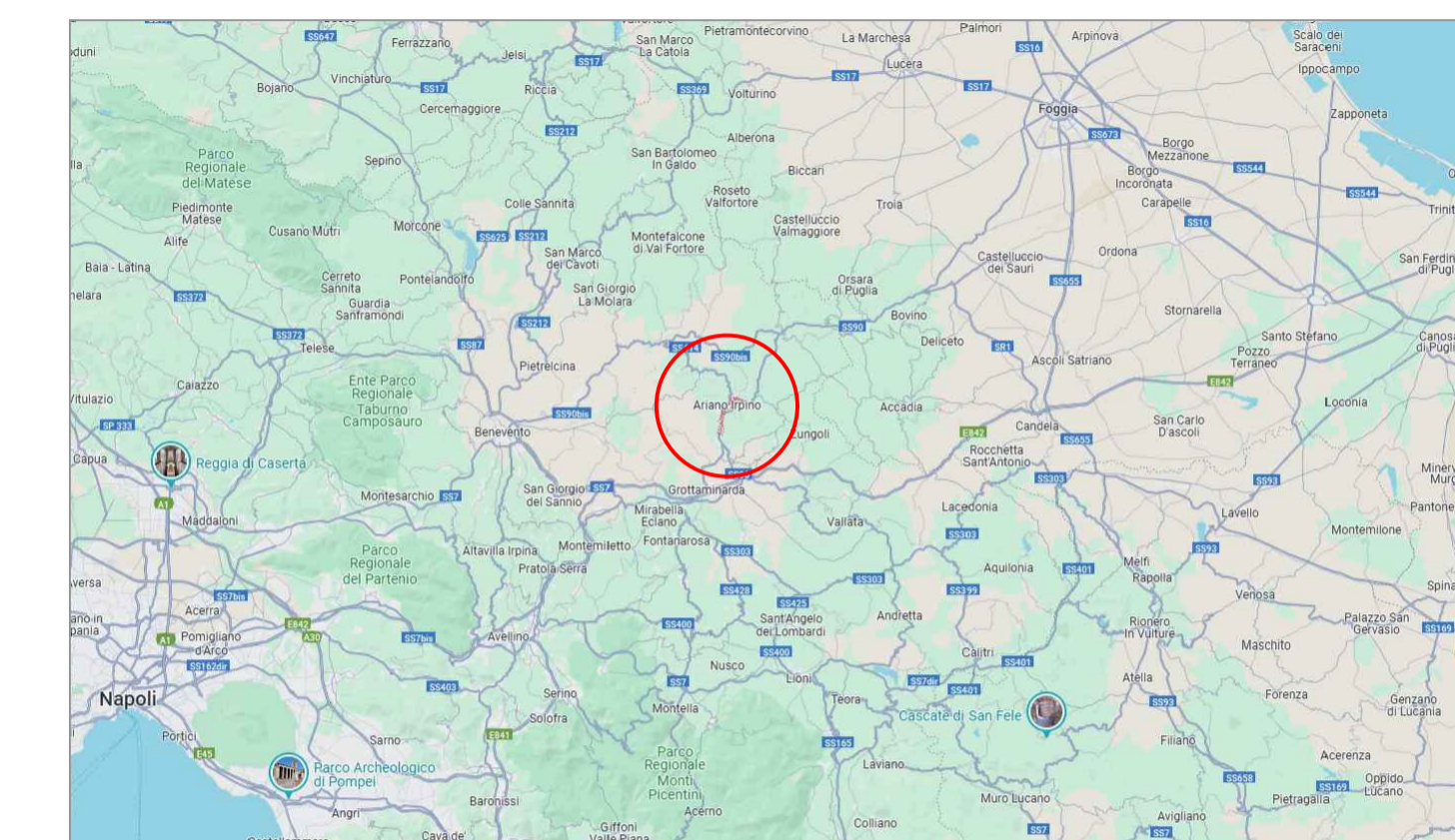


Estratto CTR 5.000 Campania - replicata in scala 1:2.000  
Elemento 433023 "Ariano Irpino"

Legenda

 Perimetrazione del sito

Estratto carta stradale della Campania



**Regione Campania**  
**Comune di Ariano Irpino**



**Progetto di bonifica/messa in  
sicurezza della ex discarica di  
"Madonna dell'Arco"  
in Ariano Irpino**

**ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA**

CUP I97C20000040001

CIG B2CB6C6EC2

Proponente:  
Consorzio di bonifica dell'Ufita  
Via Aldo Moro, 58  
83035 - Grottaminarda (Av)  
Telefono: 0825.441040  
e-mail: bonifica.ufita@gmail.com  
pec: bonifica.ufita@pec.it



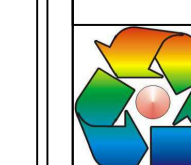
Il tecnico:  
Ing. Paolo Cairà.



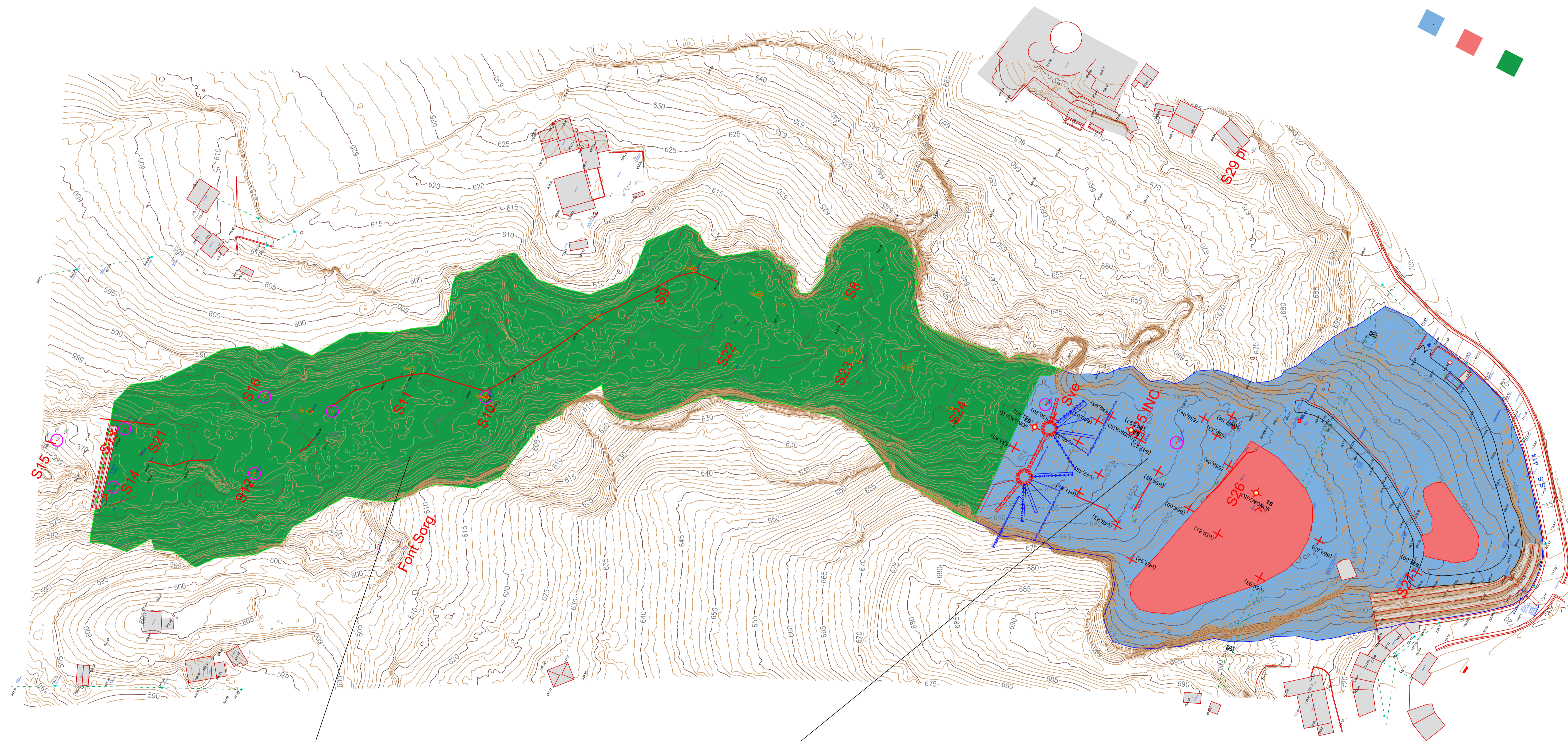
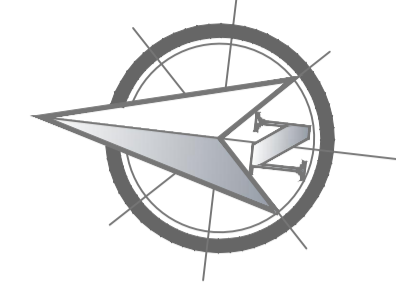
Il RUP:  
Ing. Marcella Lo Conte

Rif. Commessa: 0823PC    Revisione: 0    Scala 1:2.000    Data: Agosto 2024

Tavolo 01 - Planimetria di inquadramento geografico    Nome file: 0823PC-TAV01-ADR-0



STUDIO DI INGEGNERIA AMBIENTALE  
Via dei Sanmiti, 217 - 03042 - Atina (FR) - Tel: 0776 691180 - Fax 0776 610843  
E-mail paoloc@esoft.it



**Legenda**

- Area di Monte
- Area di Valle
- Bacini di abbancamento
- Posizione e sviluppo paratia in micropali
- Opere di drenaggio

**Area di Valle**  
 Area dove sono previsti interventi di sistemazione idraulica e dei costoni, di bonifica puntuale dei terreni in alcuni degli hot spots rilevati, di realizzazione di un impianto di trattamento delle acque di falda e monitoraggio successivo per la verifica del raggiungimento degli obiettivi di bonifica

**Area di Monte**  
 Area dove sono previsti interventi di sistemazione idraulica e dei costoni, di stabilizzazione strutturale con costruzione di una paratia in micropali, di copertura (capping) parziale nelle parti dove sono presenti le vecchie vasche di abbancamento dei rifiuti, di bonifica puntuale dei terreni in alcuni degli hot spots rilevati e monitoraggio successivo per la verifica del raggiungimento degli obiettivi di bonifica



**Consorzio di Bonifica dell'Ufita**

**Regione Campania**  
**Comune di Ariano Irpino**



**Progetto di bonifica/messa in sicurezza della ex discarica di "Madonna dell'Arco" in Ariano Irpino**

**ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA**

CUP I97C2000040001	CIG B2CB6C6EC2		
<p><b>Proponente:</b>          Consorzio di bonifica dell'Ufita          Via Aldo Moro, 58          83035 - Grottaminarda (Av)          Telefono: 0825.441040          e.mail: bonifica.ufita@gmail.com          pec: bonifica.ufita@pec.it</p>	<p><b>Il tecnico:</b>          Ing. Paolo Cairà</p> 		
<p><b>Il RUP:</b>          Ing. Marcella Lo Conte</p>			
Rif. Commessa: 0823PC	Revisione: 0	Scala: 1.000	Data: Agosto 2024
Tavola 02 - Planimetria suddivisione aree del sito		Nome file: 0823PC-TAV02-ADR-0	



**STUDIO DI INGEGNERIA AMBIENTALE**  
 Via dei Sanniti, 217 - 03042 - Aina (Fr) - Tel: 0776 691180 - Fax 0776 610843  
 E.mail: paoloc@cssoft.it

Regione Campania  
 D.D.M. 17/08/2024 n. 17/56 - P.C.2024/0432501

