Comune di Sant'Arcangelo Trimonte

Provincia di Benevento



PROGETTO ESECUTIVO

"Interventi di Messa in Sicurezza Operativa della discarica di località Nocecchia, Comune di S. Arcangelo Trimonte (BN), ai sensi dell'art. 240, comma 1, lettera n) del D.lgs. 152/2006 e s.m.i."

Committente :

REGIONE CAMPANIA

Il Responsabile Unico del Procedimento:

ing. Gianluigi Della Ragione

Studio di progettazione :

IMPERIA SOCIETÀ DI INGEGNERIA

IMPERIA S.R.L.
84128 SALERNO
Via Antonio Iannuzzi, 35
tel. 348 549 4302

e-mail: info@imperiaingegneria.com
www.imperiaingegneria.com
Imperia Ingegneria
imperia_ingegneria

TÜV SÜD ISO 9001
ISO 9001:2015
Nr. 50 100 16636

ing. Egidio Grillo
(Direttore tecnico)

IMPERIA S.r.l.
Il Direttore Tecnico
Ingegnere Egidio Grillo

ELABORATO

Relazione Tecnica Generale

CODIFICA

prog.	categoria	sottocatgoria	progress.	revisione	data	scala	plot
PE	GEN	RT	001	C	07/2026	----	A4

rev	data	descrizione	redatto	approvato
a	04/2026	EMISSIONE	EG	EG
b	06/2026	INTEGRAZIONE VERBALE VERIFICA	EG	EG
c	07/2026	INTEGRAZIONE VERBALE VERIFICA	EG	EG
d				
e				

Il presente documento non potrà essere riprodotto, copiato o altrimenti pubblicato senza il consenso scritto da parte di Imperia srl. Ogni utilizzo non autorizzato sarà perseguitato a norma di legge.

SOMMARIO

1 PREMESSA 1
2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO 2
3 CRONISTORIA DEL SITO 3
3.1 Contaminazione accertata 4
3.2 Indagini eseguite – febbraio 2026 8
4 INQUADRAMENTO 11
4.1 Inquadramento geografico territoriale 11
4.2 Inquadramento catastale 15
4.3 Inquadramento geologico e idrogeologico 15
5 DESCRIZIONE STATO DI FATTO 18
6 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI PREVISTI 22
6.0 INT.00 – Attività preliminari di monitoraggio e attualizzazione delle posizioni 23
6.1 INT.01 – Ripristino rete di raccolta acque meteoriche 24
6.2 INT.02 – Ripristino fosso perimetrale per la raccolta delle acque sopra telo 27
6.3 INT.03 – Realizzazione canale scarico acqua 27
6.4 INT.04 – Consolidamento e ripristino sede stradale a valle della vasca 2 e 3 28
6.5 INT.05 – Realizzazione piezometro per il monitoraggio della falda 36
6.6 INT.06 - Realizzazione rete di emungimento falda 38
6.7 INT.07 - Impianto trattamento delle acque di falda 39

1 PREMESSA

La presente relazione generale accompagna il progetto esecutivo relativo agli interventi di messa in sicurezza operativa della discarica ubicata in località Nocecchia, nel Comune di Sant'Arcangelo Trimonte (BN), predisposto ai sensi dell'art. 240, comma 1, lettera n), del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i., nell'ambito del procedimento tecnico-amministrativo già avviato per la definizione delle misure di contenimento e controllo della contaminazione rilevata nel sito. Il progetto si inserisce nel più ampio quadro degli interventi finalizzati alla tutela delle matrici ambientali, con particolare riferimento alla componente idrica sotterranea, e costituisce l'evoluzione attuativa del precedente progetto operativo, già redatto su incarico della società SAMTE S.r.l. quale soggetto gestore del sito.

L'impostazione del presente livello progettuale tiene conto, in via prioritaria, degli esiti dell'istruttoria regionale conclusasi con la nota della Regione Campania prot. PG/2025/0380407 del 30/07/2025, con la quale, in ragione della limitata disponibilità finanziaria rispetto al quadro economico originariamente proposto, è stato disposto lo stralcio di una parte degli interventi inizialmente previsti nel progetto operativo, individuando invece quali attività strettamente connesse alla messa in sicurezza operativa quelle direttamente orientate al controllo delle acque meteoriche, alla mitigazione delle criticità morfologiche e infrastrutturali interne al sito, nonché alla realizzazione del sistema di captazione, emungimento e trattamento delle acque di falda.

Ne consegue che il progetto esecutivo non recepisce integralmente il perimetro del progetto operativo originario, ma ne rappresenta una rielaborazione selettiva e approfondita, sviluppata sulla base delle determinazioni assunte dall'Amministrazione regionale e delle più recenti indicazioni fornite dalla committenza. In particolare, il livello esecutivo è stato concentrato sui seguenti interventi: Sinteticamente tali interventi consistono in:

- **INT. 00** – Attività preliminari di monitoraggio e attualizzazione delle posizioni
- **INT.01** - Ripristino rete raccolta delle acque meteoriche di piattaforma stradale, pulizia e sostituzione di pozzetti e caditoie mal messe e rifacimento stradale dove necessario;
- **INT.02** - Ripristino fosso perimetrale per la raccolta delle acque sopra telo tramite pulizia;
- **INT.03** - Realizzazione canale di scarico delle acque meteoriche post trattamento;
- **INT.04** - Consolidamento e ripristino sede stradale a valle delle vasche 2 e 3, rimozione pavimentazione, deep mixing, ripristino stradale;
- **INT.05** - Realizzazione piezometro per il monitoraggio della falda;
- **INT.06** - Realizzazione rete di emungimento falda;
- **INT.07** - Fornitura e posa in opera impianto trattamento delle acque di falda, comprensivo del sistema di telecontrollo;

Sotto il profilo tecnico, il progetto è finalizzato a ripristinare e rendere pienamente funzionali le opere e le infrastrutture necessarie al controllo delle acque superficiali e sotterranee nell'area di discarica, nonché a realizzare le misure di contenimento attivo della contaminazione della matrice falda attraverso un sistema di emungimento e successivo trattamento. Tale impostazione si pone in coerenza con il quadro conoscitivo e con le valutazioni già sviluppate negli elaborati del progetto operativo, dai quali emergono sia le criticità localizzate dello stato di fatto sia la necessità di intervenire con opere compatibili con il regime di messa in sicurezza operativa del sito.

Più in dettaglio, il progetto esecutivo affronta, da un lato, le problematiche connesse alla compromissione della rete di regimazione delle acque meteoriche, all'occlusione o ammaloramento del fosso perimetrale e ai dissesti che interessano la viabilità interna in corrispondenza delle vasche 2 e 3; dall'altro lato, sviluppa in termini esecutivi il sistema di messa in sicurezza della falda già individuato nel progetto operativo, basato sulla captazione delle acque sotterranee, sul loro convogliamento verso un impianto dedicato di trattamento e sul successivo scarico dell'effluente trattato nel recapito previsto. Si tratta, pertanto, di un insieme organico di opere strettamente integrate tra loro, il cui obiettivo complessivo è quello di ridurre i fattori di criticità ambientale e infrastrutturale del sito, assicurando nel contempo condizioni di maggiore controllo e gestione dell'area.

Il progetto si inserisce nel procedimento tecnico già sviluppato nelle precedenti fasi di caratterizzazione e analisi di rischio sito-specifica, condotte ai sensi dell'art. 242 del D.Lgs. 152/2006, i cui esiti hanno evidenziato la necessità di interventi prioritariamente orientati al controllo della contaminazione della matrice acque sotterranee, mediante sistemi di captazione, emungimento e trattamento delle acque di falda.

La presente relazione generale ha quindi lo scopo di descrivere il quadro di riferimento del progetto, illustrarne i presupposti tecnici e amministrativi, definire i criteri adottati nella progettazione esecutiva e fornire una lettura unitaria degli interventi previsti, rinviando agli elaborati specialistici, grafici e di calcolo per gli aspetti di dettaglio costruttivo, dimensionale ed economico.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il presente progetto esecutivo è redatto nel rispetto della normativa vigente in materia di bonifica dei siti contaminati, con particolare riferimento agli interventi di **messa in sicurezza operativa (MISO)**, così come disciplinati dalla Parte IV del D.Lgs. 152/2006.

Ai sensi dell'art. 240, comma 1, lettera n), del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i., la messa in sicurezza operativa è costituita dall'insieme degli interventi eseguiti in un sito con attività in esercizio, finalizzati a garantire un adeguato livello di tutela per la salute umana e per l'ambiente, in attesa della realizzazione degli interventi definitivi di bonifica o di messa in

sicurezza permanente. Tali interventi comprendono, in particolare, azioni di contenimento della contaminazione e di protezione delle matrici ambientali, da attuarsi in condizioni di compatibilità con lo stato e le caratteristiche del sito.

Il quadro normativo di riferimento è completato dalle disposizioni contenute nel Titolo V della Parte IV del D.Lgs. 152/2006, nonché nell'Allegato 3 al medesimo Titolo, nel quale sono individuate le opzioni tecniche applicabili ai siti contaminati, sia per la riduzione delle sorgenti di contaminazione sia per la protezione delle matrici ambientali mediante interventi di contenimento e controllo.

In tale contesto, la messa in sicurezza operativa rappresenta una soluzione tecnica idonea nei casi in cui interventi di bonifica integrale risultino non immediatamente praticabili o incompatibili con le condizioni del sito, consentendo di intervenire mediante sistemi di controllo e gestione della contaminazione, supportati da idonei programmi di monitoraggio ambientale.

In relazione alla specifica natura del sito, costituito da una discarica per rifiuti, si è altresì tenuto conto delle disposizioni di cui al D.Lgs. 36/2003 e s.m.i., con particolare riferimento agli aspetti connessi alla gestione delle acque meteoriche, del percolato e del biogas, nonché alla configurazione delle opere di presidio ambientale. Tali riferimenti assumono rilievo ai fini della corretta definizione degli interventi sulle infrastrutture esistenti e della loro coerenza con il funzionamento complessivo del sito.

Sotto il profilo della progettazione, il presente livello esecutivo è stato sviluppato in coerenza con quanto previsto dal D.Lgs. 36/2023, assicurando il grado di definizione tecnica e costruttiva necessario per la realizzazione delle opere, con particolare riferimento al dettaglio esecutivo degli interventi, alla cantierabilità degli stessi e alla loro immediata attuazione.

Nel complesso, il quadro normativo sopra richiamato costituisce il riferimento per la definizione delle scelte progettuali adottate, finalizzate a:

- contenere la diffusione della contaminazione all'interno del sito;
- garantire la protezione della matrice ambientale falda;
- ripristinare e rendere funzionali le opere di regimazione delle acque meteoriche;
- realizzare sistemi efficaci di captazione e trattamento delle acque contaminate.

3 CRONISTORIA DEL SITO

Si riportano di seguito le tappe principali che hanno portato all'elaborazione del progetto operativo di bonifica.

- con Decreto Dirigenziale n. 151 del 19/12/2018 è stato approvato il piano di caratterizzazione della discarica;
- la SAMTE con nota prot. n. 4030 del 08/10/2019 ha trasmesso le risultanze del piano di caratterizzazione e il modello concettuale di analisi di rischio sito specifico, di cui all'art. 242 del D.lgs n. 152/06 e s.m.i.;

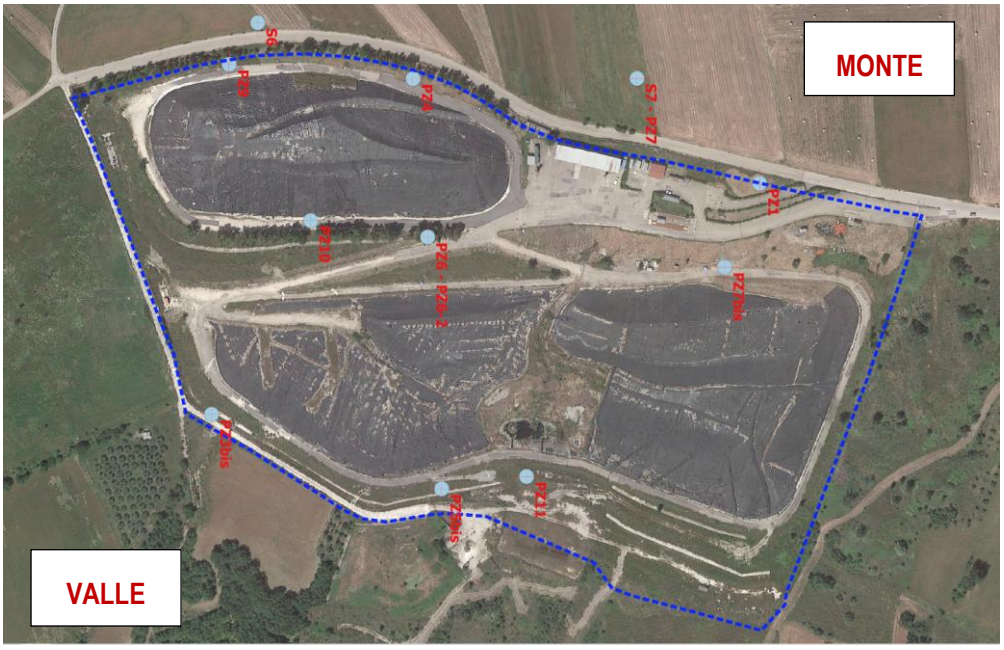
- l'ARPAC con nota prot. n. 0062629 del 24/10/2019 ha trasmesso la relazione del documento di validazione dei risultati per la caratterizzazione e nello stesso documento ha richiesto di revisionare degli esami sulle acque sotterranee in contraddittorio con ARPAC;
- in data 31/12/2019 si è tenuta la seconda conferenza dei servizi con l'aggiornamento alla data del 21/11/2019;
- l'ARPAC con nota prot. n. 0066548 del 12/11/2019 ha trasmesso la relazione integrativa al documento di validazione;
- in data 21/11/2019 si è tenuta la conferenza di servizi decisoria che ha approvato le risultanze del piano di caratterizzazione e il modello concettuale di analisi di rischio sito specifico, di cui all'art. 242 del D.lgs n. 152/06 e s.m.i.;
- con Decreto Dirigenziale n. 231 del 05/12/2019 sono state approvate le risultanze del piano di caratterizzazione e del modello concettuale di Analisi di rischio della discarica regionale sita in località Nocecchia nel Comune di Sant'Arcangelo Trimonte;
- con prot. 1185 del 2.8.2021 la SAMTE S.r.l. consegnava alla Regione Campania - UOD 501706 Autorizzazioni Ambientali e Rifiuti di Benevento una proposta di Progetto Operativo di Messa in Sicurezza Operativa per la discarica di RSU sita alla località "Le Nocecchie" CSPC2078C002 come previsto da Decreto Dirigenziale n. 231 del 05/12/2019 della Regione Campania - UOD 501706;
- Tale proposta di progetto operativo conteneva, come concordato tra Provincia e SAMTE srl, un addensamento delle indagini di monitoraggio ma era privo della documentazione riguardante gli interventi richiesti dall'art.240 c.1 lett n) del D.Lgs. 152/06, per assicurare un adeguato livello di sicurezza delle matrici ambientali sottese;
- in data 05/07/2023 presso il Settore Gestione del territorio risorse idriche e ambiente della Provincia di Benevento, si è tenuto un tavolo tecnico finalizzato a valutare le integrazioni da presentare alla Regione per la riapertura della C.d.S.;
- con determinazione n. 74 del 26/03/2024 la SAMTE ha affidato alla scrivente società di ingegneria la redazione del progetto operativo degli interventi di bonifica di cui all'art. 240 comma 1 lettera n) del d.lgs. n. 152/06 e s.m.i.

3.1 Contaminazione accertata

Il sito in esame è censito nel Piano Regionale delle Bonifiche (PRB) con codice 2078C002 denominata "Discarica Regionale di Sant'Arcangelo Trimonte" sita in località Pianella Nocecchia nel territorio comunale di sant'Arcangelo Trimonte. Il sito risulta essere contaminato per la matrice falda da seguenti inquinanti. **Metalli e Metalloidi, Composti inorganici.** Si riporta di seguito stralcio tabella 3 del PRB contenente l'elenco recante il Censimento dei Siti potenzialmente (CSPC locali):

							Contaminanti						
Codice	Denominazione	Indirizzo	Comune	Prov.	Proprietà	Tipologia sito	Suolo	Acque sotterranee	Acque Superficiali / Sedimenti	Iter Procedurale	Superficie (m^2)	coord_X	coord_Y
2078C002	Discarica Regionale di Sant'Arcangelo Trimonte	Loc. Pianella Nocecchia	Sant'Arcangelo Trimonte	BN	Pubblica	Discarica Regionale		Metalli e Metalloidi, Composti Inorganici		Progetto di Messa in Sicurezza Operativa Presentato	70000	493717	4557988

Nel presente paragrafo si rappresentano le condizioni di contaminazione accertate nelle precedenti fasi del procedimento. I fatti esposti di seguito sono stati desunti dai documenti presenti agli atti delle conferenze dei servizi e trasmessi dal Committente. Di seguito si riporta stralcio planimetrico con indicazione dei piezometri eseguiti in fase di caratterizzazione del sito.



Perimetro della Discarica

Piezometri utilizzati per Piano di Caratterizzazione

Campioname	Tipologia	X	Y
PZ1	Campione Acqua Sotterranea Piezometro	493593.725	4558132.71
S7 - PZ7	Campioni nel Sondaggio e Campione Acqua Piezometro	493523.113	4558050.202
PZ7bis	Campione Acqua Sotterranea Piezometro	493650.029	4558109.215
PZ11	Campione Acqua Sotterranea Piezometro	493790.999	4557975.822
PZ5bis	Campione Acqua Sotterranea Piezometro	493799.254	4557918.672
PZ3bis	Campione Acqua Sotterranea Piezometro	493749.152	4557763.647
S6	Campioni nel Sondaggio	493485.61	4557794.724
PZ9	Campione Acqua Sotterranea Piezometro	493513.635	4557775.462
PZ10	Campione Acqua Sotterranea Piezometro	493618.791	4557830.454

Sistema di coordinate: WGS84 33N
Coordinate in metri

I punti individuati rappresentano i Punti di Conformità del Progetto Operativo

In fase di redazione del presente progetto operativo di bonifica la Committenza ha trasmesso la documentazione inerente le precedenti fasi di bonifica. Nella relazione *"integrazione richiesta della conferenza di servizi dal 21/11/2019 con validazione finale dei dati e analisi di rischio sito-specifica*" protocollo Samte s.r.l. n. 0000826 del 25/02/2020 si evince quanto di seguito riportato.

In relazione alle nuove CSC adottate dal nuovo Regolamento relativo agli interventi di bonifica, ripristino ambientale e messa in sicurezza (d'emergenza, operativa e permanente) delle aree destinate alla produzione agricola e all'allevamento, ai sensi dell'articolo 241 del decreto legislativo 152/2006., D.M. 1° marzo 2019 n. 46, si prende atto della esclusione definitiva dell'analita Boro nei suoli superficiali e profondi in quanto il nuovo limite, pari a 7 mg/kg, supera ampiamente il valore più alto misurato nell'ambito del piano di caratterizzazione, pari a 3.10 mg/Kg nel suolo superficiale e 2.50 mg/Kg nel suolo profondo.

Relativamente all'analita Stagno non si effettua la valutazione in quanto tale parametro non è più normato.

Invece per le acque sotterranee, l'analita Nichel risulta essere presente solo all'esterno del perimetro della discarica e sarà oggetto di specifico provvedimento di monitoraggio e valutazione che si rendesse opportuno dagli Enti competenti.

Per quanto riguarda i fluoruri, tutte le analisi effettuate a fine ottobre 2019 sui campioni di acqua prelevati nei piezometri di controllo, sia da parte di SAMTE, che dall'ARPAC, non hanno mostrato superamenti della soglia di contaminazione.

Di conseguenza, è stato modificato il modello concettuale definitivo da adottare che, ricordiamo, risulta essere relativo alle sole acque sotterranee.

Il modello concettuale del sito è stato aggiornato per l'attuale valutazione (di cui il presente documento ne costituisce la sintesi) sulla base di quanto emerso nell'ambito della CdS del 21/11/2019 con le formali richieste di adeguamento ed integrazione dell'ARPAC a seguito di validazione delle concentrazioni soglia di contaminazione ai fini dell'Analisi di Rischio della discarica.

Qui di seguito si riporta la tabella Riepilogativa dei valori di concentrazione relativi a tutti i risultati della campagna di caratterizzazione comprese le concentrazioni validate da ARPAC nei singoli piezometri, che sono state utilizzate per le verifiche:

TABELLLA RIEPILOGATIVA DEI VALORI DI MASSIMA CONCENTRAZIONE RILEVATI E VALIDATI NEI SINGOLI PIEZOMETRI						
Punto di Camp.nto	Arsenico	Boro	Fluoruri	Solfati	Manganese	Nichel
	(VF = 10 µg/l)	(VF = 1000 µg/l)	(VF = 7376 µg/l)	(VF = 582 µg/l)	(VF = 108 µg/l)	(VF = 37 µg/l)
PZ3bis	-	*1506*	-	*3094,1*	-	-
PZ4	-	-	-	2240,0	115	-
PZ5bis	12.6	3681	9118	3200,0	125	-
PZ6	-	2420	-	2928,0	-	-
PZ9	12,0	1485	-	3563,9	*353*	-
PZ10	-	1904	-	5973,2	2357	-
PZ11	-	1982	-	3615,0	-	-
S6*	-	-	-	1337,6	127	89
S7*	-	-	-	668,8	114	96
Rilevato da	ARPAC	SAMTE				
* Sondaggio esterno alla discarica						
In grassetto i valori massimi registrati						

L'Analisi del Rischio ha consentito di valutare se il corpo rifiuti costituisce una fonte di pericolo per la matrice ambientale acqua sotterranea, nella quale sono stati rilevati i dati relativi allo stato di contaminazione mediante il Piano delle Indagini di caratterizzazione.

Tale analisi è stata effettuata considerando le evoluzioni delle migrazioni chimiche degli analiti a partire dal perimetro esterno della discarica e, quindi, i punti di conformità sono stati posti in corrispondenza dei piezometri PZ3bis, PZ5bis, PZ11 e PZ8 a valle della discarica, mentre a monte sono stati individuati PZ4 e PZ9.

In particolare, il piezometro PZ8 è oggetto di una forte variazione di presenza di falda, tanto da risultare secco nella attuale fase del Piano di Caratterizzazione; pertanto, non vi sono analisi di campioni di acqua. Tuttavia, in passato, nelle campagne di monitoraggio, si è avuta presenza di acqua con possibilità di campionamenti ed analisi che hanno dimostrato alcuni superamenti di CSC. Per tali ragioni il piezometro PZ8 rimane nel programma di monitoraggio e verrà puntualmente campionato ed analizzato in caso di presenza idrica, oltre a rappresentare un punto di conformità.

Infine, sono state riviste e adeguate le tavole di rappresentazione dello stato di contaminazione sulla scorta della comparazione e validazione dei dati da parte di ARPAC, su cui sono state evidenziate i livelli di contaminazione attuali e le prevalenti direzioni di flusso della circolazione idrica sotterranea, che hanno consentito di rappresentare gli areali di presenza con una proiezione temporale a 10 anni a partire dallo stato attuale.

3.2 Indagini eseguite – febbraio 2026

La Geoprove Srl di Ruffano, su incarico della IMPERIA Srl, ha eseguito delle indagini geognostiche e di caratterizzazione ambientale presso la Discarica di Sant'Arcangelo Trimonte (BN).

Le attività di caratterizzazione ambientale eseguite sul sito della discarica di località Nocecchia hanno consentito di definire un quadro conoscitivo articolato della matrice acque sotterranee, evidenziando condizioni di contaminazione localizzate e strettamente correlate alle peculiarità idrogeologiche del sito.

Sono stati pertanto eseguiti:

- n. 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, di profondità pari a 15 m;
- Condizionamento dei 2 fori eseguiti a piezometro a tubo aperto e denominati PZ1N e PZ2N;
- Esecuzione di n.4 prove di permeabilità Lefranc nei fori di sondaggio eseguiti
- Esecuzione di 1 prova di risalita in un piezometro esistente sull'area;
- Esecuzione di n.2 slug test (una in ciascun piezometro eseguito);
- Prelievo ed analisi di laboratorio eseguite su n.1 campione;
- Misura del livello di falda nei due piezometri eseguiti ed in tre piezometri esistenti sul sito.



Figura 1 Sondaggi geognostici e piezometri

Su alcuni piezometri presenti nell'area indagata è stata eseguita la misura della falda ed in uno di questi eseguita una prova di risalita (riportata nella sezione delle prove idrauliche).

In particolare, nei piezometri P5, P6 e PZ5bis è stato misurato il livello della falda e, successivamente, nel P5 eseguita una prova di risalita.

Si fa riferimento alle seguenti planimetrie:

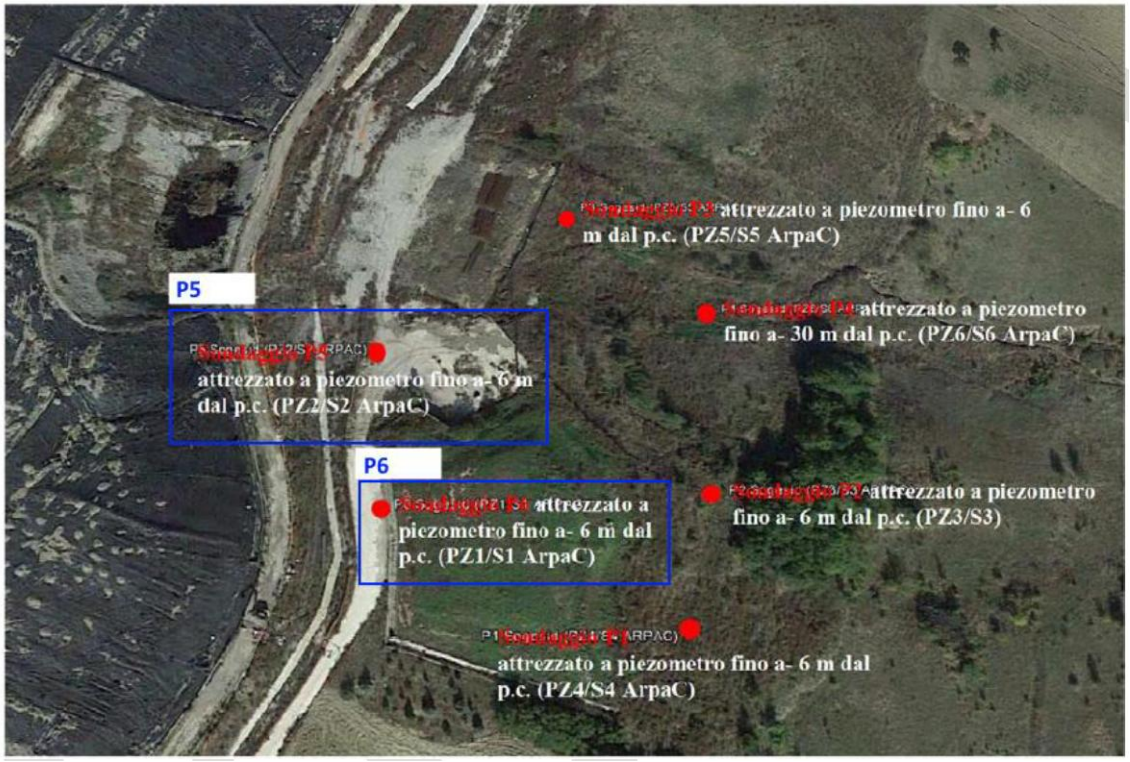




Figura 2 Piezometri

ID	Livello falda (m dal boccapozzo)	Profondità piezometro
P5	2.2	6 m
P6	2.26	6 m
PZ5BIS	2.10	n.d.

Tabella 1 Misura livello falda nei piezometri esistenti

Dal punto di vista idrogeologico, le nuove indagini eseguite nel 2026 hanno fornito elementi fondamentali per una lettura più accurata della dinamica della contaminazione.

I sondaggi geognostici a carotaggio continuo, spinti fino a profondità di circa 15 m e successivamente attrezzati a piezometri (PZ1N e PZ2N), hanno confermato una stratigrafia dominata da terreni a matrice fine, costituiti da **argille con componente sabbiosa, limosa e ghiaiosa**, con struttura generalmente compatta e a bassa permeabilità.

Le analisi granulometriche e geotecniche di laboratorio evidenziano una significativa presenza della frazione argillosa (fino al 44%) associata a frazioni sabbiose e limose, con valori di porosità intorno al 45% e grado di saturazione variabile. I coefficienti di permeabilità determinati in laboratorio risultano dell'ordine di 10^{-6} cm/s, coerenti con terreni a conducibilità idraulica medio-bassa.

Le prove idrauliche in situ (Lefranc e slug test) hanno confermato tali valori, evidenziando una trasmissività limitata e una risposta lenta del sistema agli stimoli idraulici, con tempi di riequilibrio compatibili con una circolazione idrica fortemente frenata dalla matrice fine del terreno.

In tale contesto, la falda non si configura come un acquifero continuo e ben definito, bensì come un sistema di **livelli idrici sospesi e discontinui**, impostati all'interno della coltre superficiale e fortemente influenzati:

- dagli apporti meteorici;
- dalla morfologia del sito;
- dalla presenza di discontinuità litologiche locali.

Le misure piezometriche effettuate evidenziano livelli idrici relativamente superficiali, con valori intorno ai **2,0–2,3** m dal piano campagna nei piezometri esistenti, soggetti a variazioni stagionali e agli eventi di precipitazione.

4 INQUADRAMENTO

4.1 Inquadramento geografico territoriale

Il sito oggetto del presente studio ricade nel comune di Sant'Arcangelo Trimonte (BN), nei pressi della località "La Nocecchia" a circa 1,5 km a Ovest del centro abitato di S. Arcangelo Trimonte, tra le località "La Nocecchia" e Giardino in prossimità del limite comunale con Paduli e a distanza di circa 2,5 km dal confine provinciale Benevento – Avellino.

Il territorio è collinare, leggermente declive verso sud nella parte alta, più scosceso, geologicamente instabile ed interessato da fenomeni franosi la parte sud; solo una piccola parte del territorio è pianeggiante in prossimità delle valli dei fiumi Ufita e Calore. Confina a nord col comune di Buonalbergo, a nord-ovest e a sud-ovest col comune di Paduli, a est e a sud sud-est col comune di Apice.



Figura 3 - Inquadramento del comune di Sant'Arcangelo Trimonte provincia di Benevento

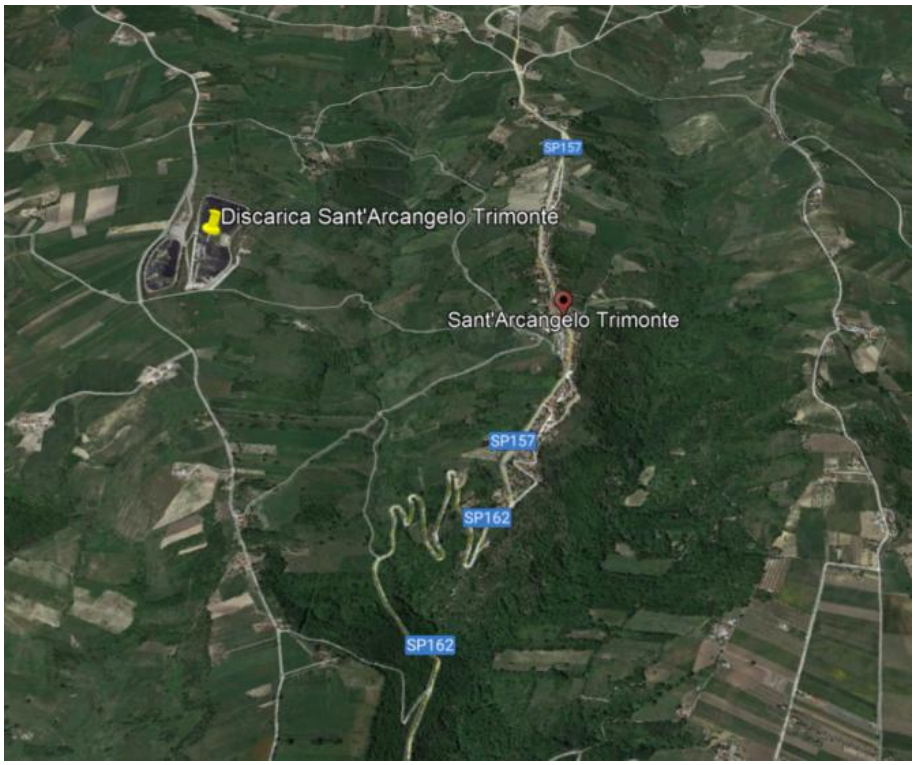


Figura 4 - Ortofoto dell'area di intervento (fonte: Google Earth)

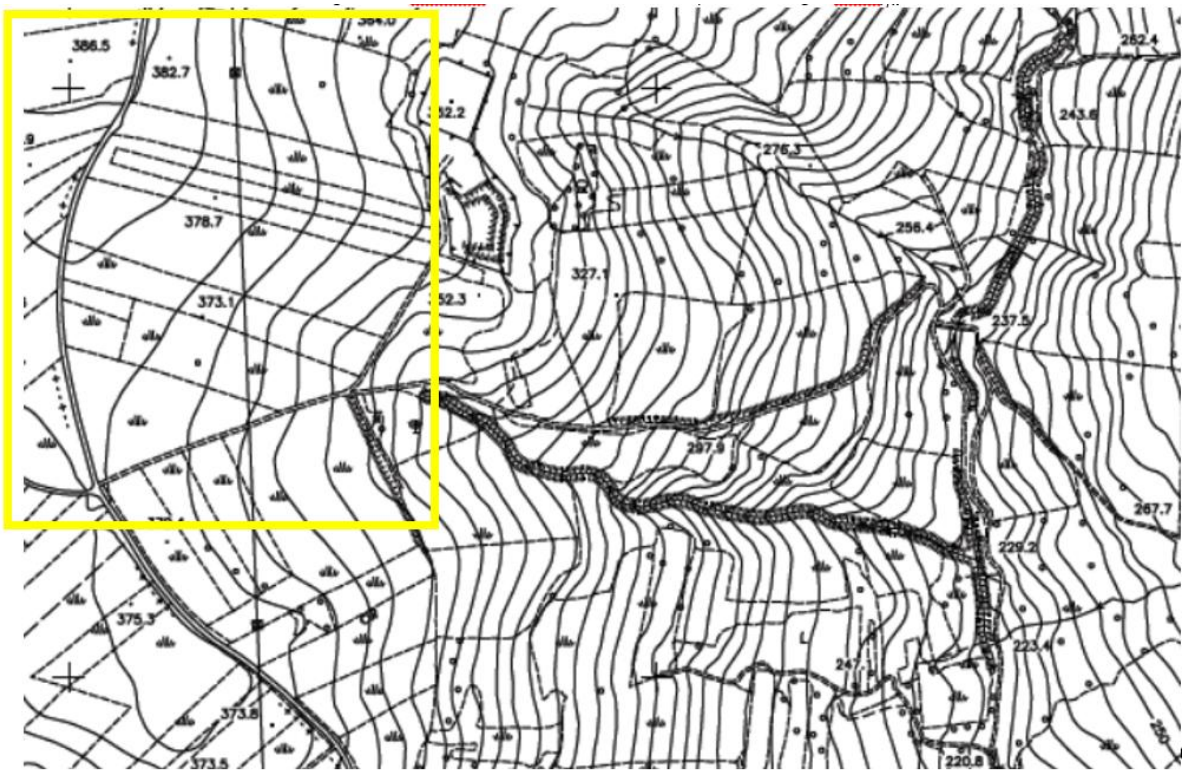


Figura 5 - Individuazione della discarica. Carta tecnica regionale



Figura 6 - Foto aerea di dettaglio

L'area è costituita da un corpo più vecchio, situato più a nord (Discarica comunale) ed uno più recente, situato più a sud (Discarica consortile), che costituisce l'ampliamento del primo.

La porzione sommitale del crinale, di nostro interesse, è invece occupata dall'impianto "*Nuova Discarica Regionale*", area interessata dal presente intervento, originariamente era un *plateau* allungato in direzione N-S con una leggera inclinazione della superficie topografica in senso E-W.

La discarica è suddivisa in 4 lotti tutti coperti con un capping provvisorio in HDPE.

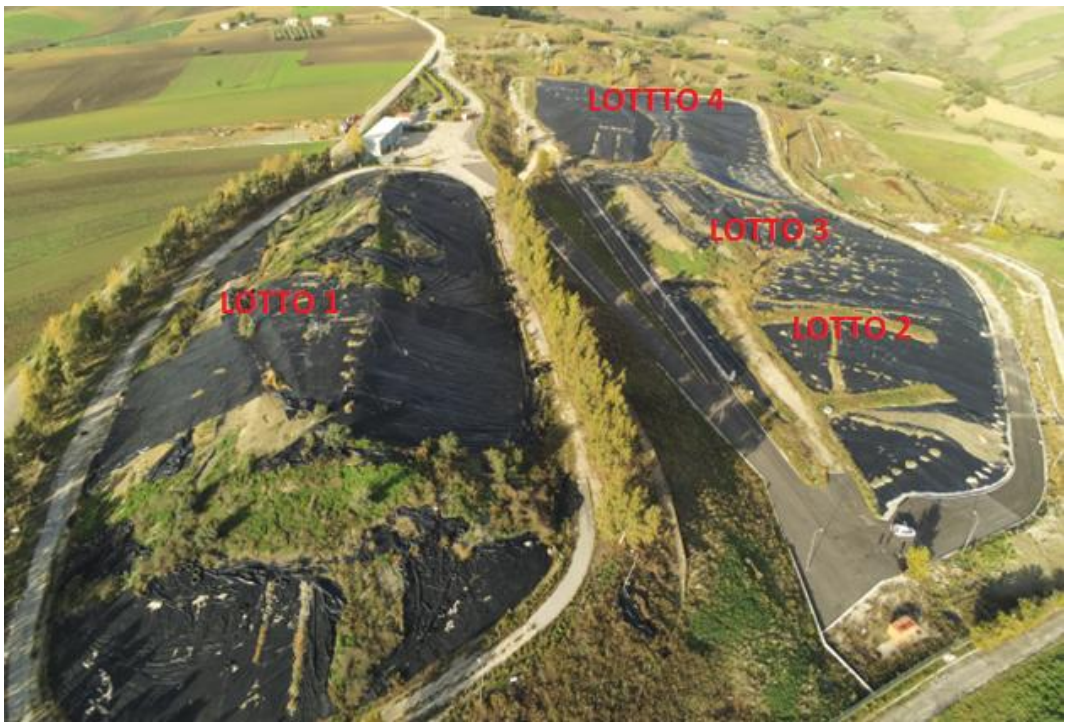


Figura 7 – inquadramento aree di discarica

4.2 Inquadramento catastale

La discarica rientra catastalmente nel foglio 7 e particella 963, intestata dal PCM- Dipartimento di Protezione Civile.

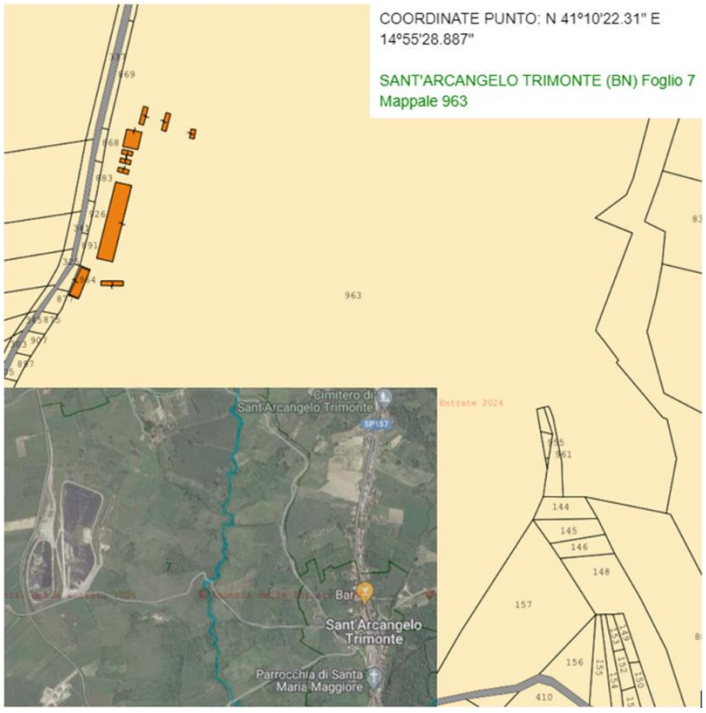
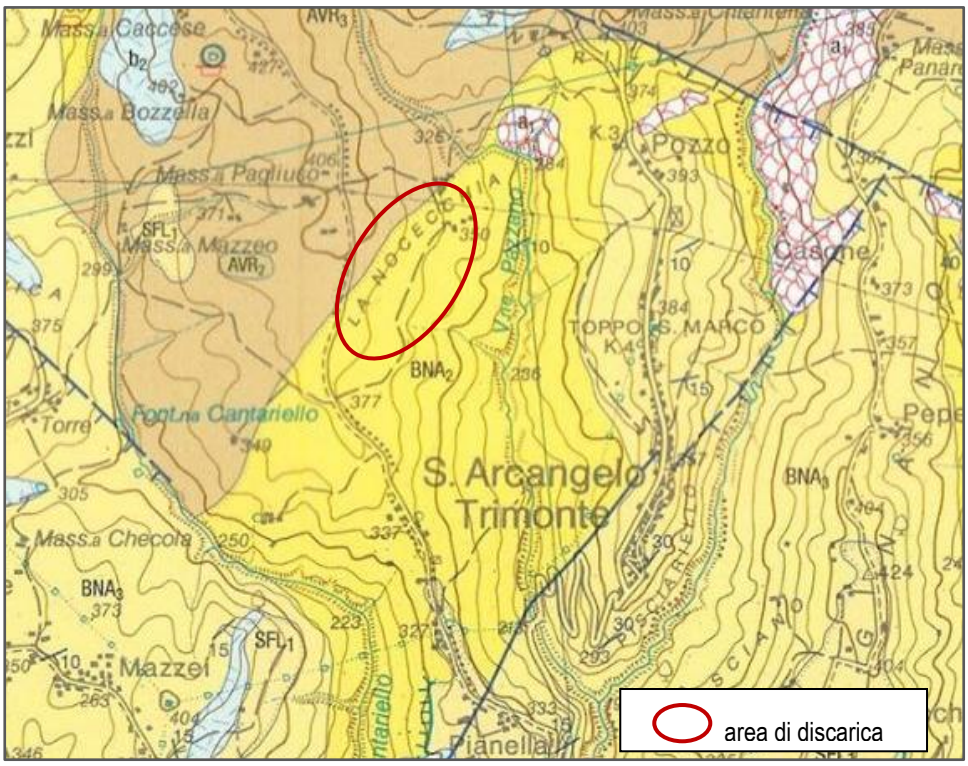


Figura 8 - Inquadramento catastale

4.3 Inquadramento geologico e idrogeologico

L'area ove insiste l'ex discarica oggetto del presente intervento, dal punto di vista geologico, ricade tra le Unità tardo-orogene che sovrastano le sottostanti Unità Stratigrafico Strutturali che costituiscono la compagine dei terreni appenninici (Trias sup. – Oligo - Miocene medio - inf.). L'area è caratterizzata in affioramento da argille e marne siltose, grigie e varicolori, con intercalazioni di calcari e calcari marnosi avana o verdastri, di calcareniti verdastre con liste di selce bruna, di arenarie talora grossolane (**AVR2**) dell'Oligo-Miocene inf. in contatto tettonico, per faglia, con argille e argille sabbiose grigie e/o giallastre (**BNA2**) di età basso pliocenica.

Il Foglio 432 – Benevento - relativo al progetto C.A.R.G. (vd. fig. 4) conferma pro parte la ricostruzione della carta geologica in scala 1:100.000 (vd. fig. 3). Di fatto nell'area in esame affiorano (vd. fig. 5) delle "argilliti varicolori, marne calcaree, marne argillose; calcari marnosi, marne grigie e calcareniti torbiditiche; selce in strati medio-sottili (AVR3) – *Membro argillitico di Montaperto*" in contatto stratigrafico e non più tettonico con "peliti grigiastre in strati da medi a spessi, talora anche molto spessi, con intercalazioni di arenarie giallastre in strati medio-sottili (BNA2) – *Membro pelitico-arenaceo del F. Miscano*".





membro sabbioso di Apollosa
Sabbie e arenarie giallastre in strati da medi a molto spessi, anche lenticolari, talora con ciottoli e intercalazioni di peliti in strati sottili e medi (BNA_3). Passano lateralmente e parzialmente al membro sabbioso conglomeratico (BNA_4) e nella porzione superiore al membro pelitico-arenaceo (BNA_2). Strutture sedimentarie: bioturbazione intensa, lamine piane ed inclinate a basso angolo, lamine incrociate (increspature da onda) Datazione isotopica $^{87}Sr/^{86}Sr$ su gusci di bivalvi: 2,6 Ma (Pliocene inferiore - medio). Spessore: compreso tra 100 e 250 m. Ambiente deposizionale: battigia e spiaggia sommersa. Foraminiferi e Nannofossili non significativi.

membro pelitico-arenaceo del F. Miscano
Peliti grigiastre in strati da medi a spessi, talora anche molto spessi, con intercalazioni di arenarie giallastre in strati medio-sottili (BNA_2). Localmente si intercalano torbiditi arenaceo-pelitiche (facies C_1 e D_1) in strati medio-spessi. Passano superiormente al membro sabbioso-conglomeratico (BNA_4) e lateralmente al membro sabbioso (BNA_3). Lo spessore è compreso tra circa 100 e 250 m. Foraminiferi: Nannofossili: biozona MNN16a. Età: Pliocene inferiore-medio. Datazione isotopica $^{87}Sr/^{86}Sr$ su gusci di bivalvi: 2,6 Ma (Pliocene medio). biozona a *Globorotalia punticulata* e probabile biozona a gr. *Globorotalia crassaformis*. Ambiente deposizionale: neritico di transizione-piattaforma.

Formazione delle Argille Varicolori - Formazione suddivisa in tre membri.
OLIGOCENE - MIOCENE INFERIORE



membro argillitico di Montaperto
Argilliti varicolori, marne calcaree, marne argillose; calcari marnosi, marne grigie e calcareniti torbiditiche; selce in strati medio-sottili (AVR_3). Strutture sedimentarie: non osservabili. Spessore: non definibile con precisione, dell'ordine di alcune centinaia di metri. Foraminiferi: probabilmente dalla biozona *Globigerina angulisuturalis* a alla biozona a *Globigerinoides bisphaericus*. Nannofossili: biozone non chiaramente definibili, probabilmente dalla biozona MNP25 alla biozona MNN2. Sia tra i Foraminiferi che tra i Nannofossili sono presenti forme rielaborate del Cretaceo e dell'Oligocene. Età: Oligocene superiore-Burdigaliano. Ambiente deposizionale: pelagico da scarpata a piana sottomarina.

membro calcareo-pelitico di Pietrelcina
Calciruditi e calcareniti biancastre torbiditiche in strati medi, spessi e molto spessi, fino a megastrati, con rare intercalazioni di peliti policrome in strati molto sottili (AVR_2). Strutture sedimentarie: sequenze di Bouma T_{b-e} e T_{c-e}. Spessore: da poche decine di metri ad alcune decine di metri. Fossili: frammenti di macroraminiferi (alveoline e nummuliti), planctonici e nannofossili rimaneggiati in genere di età eocenica. Ambiente deposizionale: base di scarpata.

membro arenaceo di Tufiello
Arenarie vulcanoclastiche medio-grossolane ricche in mica (AVR_1). Strutture sedimentarie: massiva la facies A_1. Spessore: da pochi metri ad alcune decine di metri. Foraminiferi: assenti. Nannofossili: biozona NP22. Età: Oligocene inferiore. Ambiente deposizionale: base di scarpata.

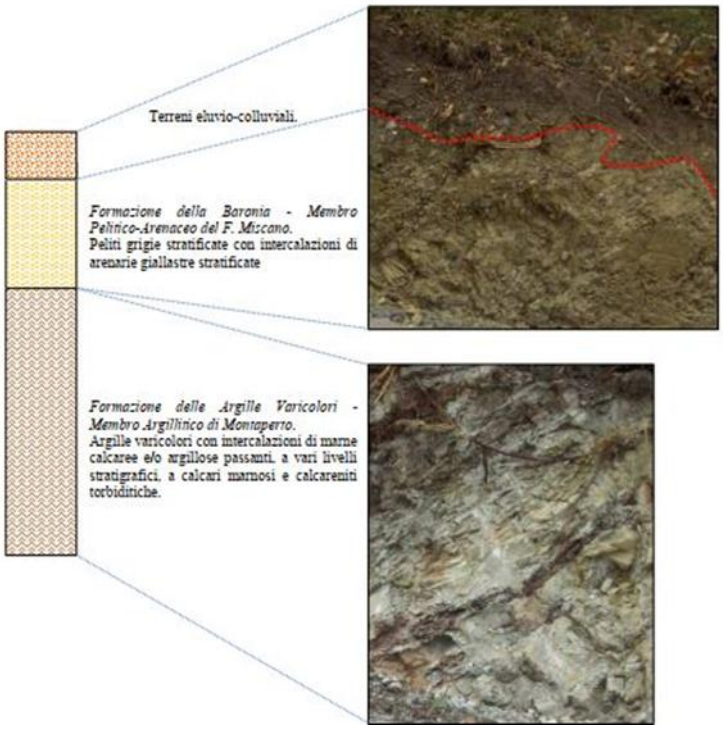


Figura 9 Schema litostratigrafico con relative foto dei tipi litologici affioranti

Dal punto di vista idrogeologico, i terreni presenti nell'area investigata sono caratterizzati da una permeabilità variabile tra bassa per i litotipi con e/o a componente granulometrica sabbiosa e molto bassa o nulla per i litotipi argillosi e limo-argillosi.

In particolare, nell'area investigata, le varie indagini geognostiche che si sono succedute nel tempo, in particolare i sondaggi geognostici spinti fino a – 10 m dal p.c. non hanno intercettato nessun livello freatico, ciò a comprova della presenza di terreni prevalentemente impermeabili diffusi e facente parte del complesso idrogeologico che costituisce la struttura stessa della zona collinare.

La possibile circolazione idrica si può verificare, solamente nei livelli alterati superficiali e solo nei periodi piovosi (morbida). In queste condizioni si determina un discreto assorbimento delle acque meteoriche all'interno della fascia d'alterazione con una sporadica circolazione di acque d'infiltrazione superficiale che trova un naturale livello di base nelle compagini di substrato impermeabili.

Si realizza, così, una circolazione idrica "effimera" limitata nel tempo e di nessuna rilevanza idrogeologica con direzione di scorrimento prevalentemente lungo i piani di contatto che seguono le linee di massima pendenza del versante.

In particolare, sono stati individuati due principali complessi idrogeologici distinti in base alle caratteristiche litologiche al tipo e al grado di permeabilità relativa.

5 DESCRIZIONE STATO DI FATTO

La discarica è suddivisa in quattro lotti e due vasche:

- Una prima vasca (vasca Ovest), che costituisce il "Lotto I" di coltivazione;
- La seconda vasca, a Est della prima.

L'accesso al sito di discarica avviene attraverso due ingressi lungo la viabilità comunale esistente che corre lungo il lato Ovest dell'area di discarica. Un primo accesso consente di raggiungere mediante strada asfaltata l'area direzionale dell'impianto, sede dei parcheggi e degli uffici, mentre il secondo accesso garantisce la raggiungibilità delle due vasche di coltivazione sempre con una strada asfaltata.

La regimentazione delle acque meteoriche è garantita da un sistema di pozzetti dotati di caditoia disposti lungo le strade e le piste di coronamento della discarica, oltre che in corrispondenza dei piazzali di servizio. Tali tubazioni hanno un punto di rilascio al reticolo idrografico superficiale a valle di trattamenti in vasche di prima pioggia.

Le acque ricadenti sugli arginelli di coltivazione e/o sulle coperture provvisorie sono raccolte attraverso delle canalette disposte lungo gli argini di coltivazione in analogia alle canalizzazioni definitive e le acque avviate al canale di restituzione.

Le acque bianche ricadenti sulla porzione di versante posto tra le due vasche, acque meteoriche di ruscellamento, vengono captate da un "fosso di guardia" posto lungo il ciglio di monte della strada di collegamento delle due vasche.

Il fosso di guardia svolge anche la funzione di intercettamento delle acque in arrivo del versante antistante la vasca Est evitando il tal modo che acque di corrivamento superficiale possano entrare direttamente nella vasca andando ad aumentare la produzione di percolato.



Figura 10 - Foto

Il percolato è estratto dai corpi discarica mediante una rete di drenaggio, posto sul fondo, che lo convoglia presso dei pozzi obliqui di estrazione addossati alle pareti della discarica.

L'estrazione del percolato dal sistema di drenaggio principale, per tutti i settori, avviene tramite pompe sommerse posizionate nei pozzi di estrazione ed avviato all'impianto di stoccaggio e trattamento.

Le tubazioni di convogliamento del percolato al locale di stoccaggio, poiché dovranno attraversare la viabilità di accesso alla coltivazione, sono alloggiate all'interno di un canale tecnologico posto lungo il ciglio di monte della pista di coronamento.

Il locale di stoccaggio del percolato è costituito da cisterne in vetroresina e costituito da una copertura metallica su una platea in c.a.



Figura 11 – a sinistra locale stoccaggio percolato, a destra pozzo di estrazione del percolato

Sono stati realizzati dei pozzi in perforazione per l'estrazione del biogas. I pozzi sono collegati al sistema di estrazione e trattamento. Il biogas estratto viene convogliato attraverso la rete di trasporto verso la Centrale di Estrazione posta nella zona servizi dell'impianto di smaltimento.



Figura 12 – Collettore principale e sistema di raccolta delle condense



Figura 13 – torcia di emergenza

Allo stato attuale il conferimento all'impianto è sospeso ed è in corso la sola attività di gestione dell'impianto.

L'impianto presenta un capping provvisorio che l'azione del vento ha in parte divelto provocando la proliferazione di vegetazione e infiltrazioni delle acque nel corpo discarica.

La rete di raccolta delle acque esistente necessita di manutenzione come le vasche di raccolta e trattamento delle acque di prima pioggia hanno bisogno di manutenzione ordinaria, quelle di valle devono essere sostituite in quanto sono franate per via di un cedimento del terreno di posa dovuto all'infiltrazione di acqua nella pavimentazione.

6 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI PREVISTI

Il presente progetto esecutivo prevede un insieme coordinato di interventi finalizzati al ripristino della funzionalità delle opere esistenti, alla corretta regimazione delle acque meteoriche e al contenimento della contaminazione della matrice falda, in coerenza con le finalità della messa in sicurezza operativa del sito.

In relazione alle diverse criticità riscontrate, gli interventi sono stati articolati per ambiti funzionali omogenei.

Una prima categoria riguarda le opere connesse alla **gestione delle acque meteoriche**, che comprendono il ripristino della rete di raccolta delle acque di piattaforma stradale, la riattivazione del fosso perimetrale e la realizzazione di un canale di scarico delle acque a valle del trattamento. Tali interventi sono finalizzati a garantire un corretto deflusso delle acque superficiali, riducendo i fenomeni di ristagno e di infiltrazione nel corpo discarica. Un secondo ambito riguarda gli interventi di **messa in sicurezza delle infrastrutture interne**, con particolare riferimento al tratto di viabilità a valle delle vasche 2 e 3, interessato da fenomeni di dissesto. In questo caso si prevede il consolidamento del terreno mediante tecniche di miglioramento in sito e il successivo ripristino della sede stradale. È inoltre prevista la **realizzazione di un nuovo piezometro**, funzionale al monitoraggio della matrice falda e alla verifica dell'efficacia delle misure adottate nel tempo. Infine, il progetto comprende gli **interventi di messa in sicurezza operativa e bonifica della falda**, costituiti dalla realizzazione della rete di emungimento e dall'installazione di un impianto di trattamento delle acque emunte, completo di sistema di telecontrollo. Tali opere rappresentano il nucleo principale del sistema di contenimento della contaminazione.

Nel loro complesso, gli interventi previsti risultano tra loro integrati e concorrono al miglioramento delle condizioni ambientali e gestionali del sito.

Sinteticamente tali interventi consistono in:

- **INT. 00** – Attività preliminari di monitoraggio e attualizzazione delle posizioni
- **INT.01** - Ripristino rete raccolta delle acque meteoriche di piattaforma stradale, pulizia e sostituzione di pozzetti e caditoie mal messe e rifacimento stradale dove necessario;
- **INT.02** - Ripristino fosso perimetrale per la raccolta delle acque sopra telo tramite pulizia;

- **INT.03** - Realizzazione canale di scarico delle acque meteoriche post trattamento;
- **INT.04** - Consolidamento e ripristino sede stradale a valle delle vasche 2 e 3, rimozione pavimentazione, deep mixing, ripristino stradale;
- **INT.05** - Realizzazione piezometro per il monitoraggio della falda;
- **INT.06** - Realizzazione rete di emungimento falda;
- **INT.07** - Fornitura e posa in opera impianto trattamento delle acque di falda, comprensivo del sistema di telecontrollo;

6.0 INT.00 – Attività preliminari di monitoraggio e attualizzazione delle posizioni

Prima dell'inizio delle attività di cantiere, è prevista l'esecuzione di una serie di operazioni preliminari di monitoraggio e attualizzazione delle posizioni delle reti, dei sottoservizi, dei manufatti e delle opere esistenti interferenti con le aree di intervento, finalizzate alla verifica operativa dello stato dei luoghi e alla corretta impostazione delle lavorazioni previste.

Tali attività assumono carattere essenziale in un contesto operativo come quello in esame, caratterizzato dalla presenza di infrastrutture esistenti, sottoservizi interrati e condizioni geotecniche e idrogeologiche complesse, per le quali è necessario disporre di un quadro conoscitivo aggiornato e puntuale ai fini della sicurezza esecutiva e della tutela delle opere presenti.

In coerenza con quanto evidenziato nella Relazione sulle interferenze, le attività preliminari sono orientate alla riduzione dei rischi connessi alle lavorazioni e alla prevenzione di possibili interferenze con reti e opere esistenti, garantendo al contempo la sicurezza del cantiere e la salvaguardia delle infrastrutture presenti.

A tal fine, si prevede l'esecuzione di attività di monitoraggio plano-altimetrico dell'area mediante tecnologia aerofotogrammetrica con utilizzo di drone, comprensive della georeferenziazione dei dati acquisiti. Tale attività consente di ottenere una rappresentazione aggiornata e ad elevato dettaglio della morfologia del sito, utile per il controllo delle quote di progetto, per la verifica delle pendenze delle opere di regimazione idraulica e per il corretto inserimento delle infrastrutture previste nel contesto esistente.

In parallelo, saranno eseguite indagini geofisiche mediante tecnologia georadar (GPR), finalizzate all'attualizzazione della posizione dei sottoservizi, delle reti interrate, delle discontinuità e delle eventuali anomalie presenti nelle aree interessate dagli interventi. Tali indagini permettono di acquisire informazioni non invasive, risultando particolarmente rilevanti nelle fasi di scavo e posa delle opere interrate e contribuendo alla prevenzione di interferenze operative.



Le attività sopra descritte costituiscono pertanto un'attività di controllo, tracciamento e aggiornamento operativo dello stato dei luoghi rispetto alla documentazione progettuale disponibile. Esse non comportano modifiche alla soluzione progettuale, non costituiscono presupposto per l'introduzione di varianti e sono esclusivamente finalizzate all'avvio delle lavorazioni in condizioni di sicurezza, controllo e piena coerenza con le previsioni del progetto esecutivo.

6.1 INT.01 – Ripristino rete di raccolta acque meteoriche

Lungo il perimetro della vasca 1, le acque meteoriche confluiscono in maniera difficoltosa verso le griglie di raccolta. Al fine di ripristinare il sistema originario si rendono necessari interventi di ripristino della rete. Il presente progetto ha previsto i seguenti interventi:

- pulizia griglie esistenti;
- ripristino griglie ammalorate;
- rifacimento della pavimentazione stradale, fornendo idonee pendenze.



Figura 14: Interventi previsti per il ripristino della rete di raccolta delle acque meteoriche, lungo la viabilità perimetrale a vasca 1



Figura 15 Stato dei luoghi

Le acque di piattaforma sono convogliate presso l'impianto di prima pioggia esistente, composto da n. 2 vasche in parallelo.

Le lavorazioni previste, riportate nel computo metrico e coerenti con le prescrizioni del Capitolato e del Disciplinare Tecnico, comprendono in particolare:

- la fresatura della pavimentazione esistente e la successiva ricostruzione degli strati bituminosi (binder e tappetino), finalizzata al ripristino delle corrette pendenze e della regolarità superficiale;
- la demolizione di elementi in calcestruzzo ammalorati (cordoli esistenti) e la realizzazione di nuove opere di contenimento e regimazione;
- la realizzazione di una cunetta drenante longitudinale e la posa di canalette prefabbricate in calcestruzzo per la raccolta delle acque superficiali, dimensionate per garantire adeguata capacità di deflusso in relazione agli eventi meteorici attesi;
- la sostituzione e integrazione dei pozzetti di raccolta mediante elementi prefabbricati in calcestruzzo vibrato, completi di anelli di prolunga e dispositivi di chiusura idonei al traffico carrabile;
- la posa di caditoie in ghisa sferoidale conformi alle norme UNI EN 124, dotate di sistemi di sifonatura per la riduzione dei fenomeni di esalazione e per il miglioramento dell'efficienza idraulica;
- la realizzazione delle tubazioni di collegamento tra i pozzetti mediante condotte in PVC rigido (DN 200 mm), con giunti a tenuta e adeguata rigidità anulare, idonee a garantire continuità idraulica e durabilità nel tempo;
- le operazioni di scavo, rinterro e trasporto dei materiali, eseguite nel rispetto delle condizioni geotecniche locali e delle interferenze presenti.

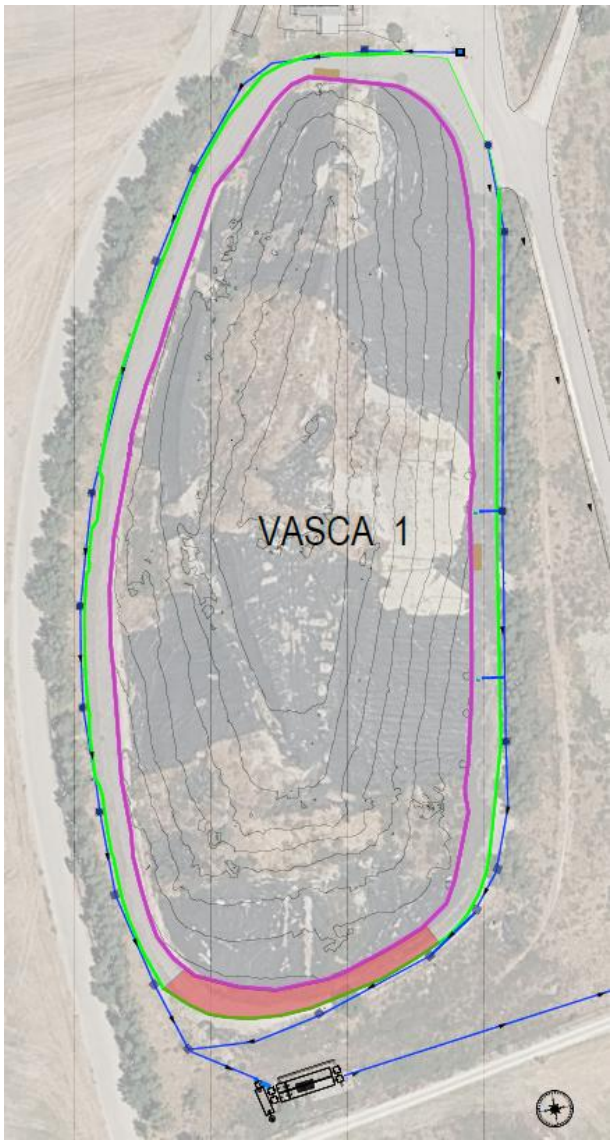


Figura 16 Planimetria intervento acque

Sotto il profilo idraulico, il sistema così configurato consente di realizzare una rete di drenaggio superficiale continua, nella quale le acque meteoriche vengono intercettate lungo la piattaforma stradale, convogliate verso le caditoie e successivamente recapitate, attraverso la rete di collegamento, verso i sistemi di smaltimento previsti a valle. La presenza di canalette lineari e cunette drenanti contribuisce inoltre a ridurre la velocità del deflusso e a migliorare la distribuzione delle portate, limitando fenomeni di erosione superficiale.

Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati specialistici.

6.2 INT.02 – Ripristino fosso perimetrale per la raccolta delle acque sopra telo

L'intervento riguarda il ripristino funzionale del fosso perimetrale destinato alla raccolta e convogliamento delle acque meteoriche superficiali insistenti sul telo di copertura della discarica. Tale opera riveste un ruolo strategico nell'ambito della messa in sicurezza operativa del sito, in quanto consente di intercettare e allontanare le acque di dilavamento, evitando fenomeni di infiltrazione e conseguente incremento dei carichi idraulici sulla matrice rifiuti e sulla falda sottostante.

Lo stato attuale del fosso risulta compromesso dalla presenza diffusa di vegetazione infestante, sedimenti, materiali eterogenei e rifiuti di varia natura, che determinano una significativa riduzione della sezione idraulica utile e una perdita di continuità del deflusso. In tali condizioni, il sistema di regimazione superficiale risulta inefficiente, con potenziale rischio di ristagni, erosioni localizzate e sovraccarichi idraulici in corrispondenza del telo di copertura.

L'intervento progettuale prevede pertanto una serie coordinata di operazioni finalizzate al completo ripristino della funzionalità idraulica del fosso, mediante attività di pulizia, rimozione e riprofilatura.

6.3 INT.03 – Realizzazione canale scarico acqua

L'intervento è finalizzato alla realizzazione del sistema di recapito finale delle acque meteoriche e delle acque trattate provenienti dall'impianto di trattamento e dalle vasche di prima pioggia, costituendo l'elemento terminale del sistema complessivo di regimazione idraulica del sito, verso il Vallone Pazzano.

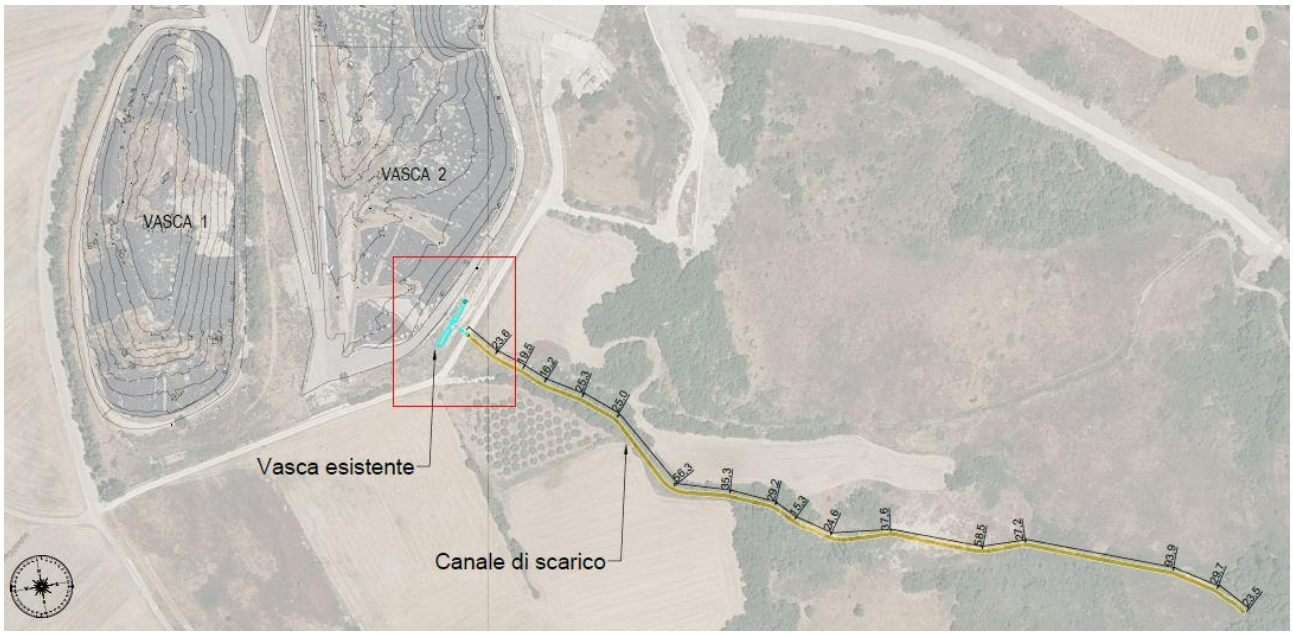


Figura 17 Stralcio planimetria realizzazione canale di scarico acqua

L'opera si sviluppa lungo un tracciato complessivo pari a circa 540 m ed è configurata come una condotta interrata con opere accessorie di ispezione e manutenzione, in grado di garantire il corretto convogliamento delle portate verso il recapito finale, in condizioni di sicurezza idraulica e stabilità nel tempo.

Dal punto di vista funzionale, il canale di scarico rappresenta la chiusura del ciclo delle acque, assicurando l'allontanamento controllato dei deflussi intercettati e trattati, in coerenza con gli obiettivi di messa in sicurezza operativa del sito e di contenimento della contaminazione della matrice idrica.

L'intervento prevede preliminarmente la pulizia e la preparazione del tracciato mediante operazioni di decespugliamento e rimozione della vegetazione infestante lungo una fascia di larghezza media pari a circa 2,50 m, al fine di garantire l'accessibilità alle lavorazioni e la corretta esecuzione degli scavi.

Tali attività risultano necessarie anche per il ripristino delle condizioni morfologiche originarie del tracciato e per la riduzione delle interferenze con la vegetazione esistente.

In particolare, la soluzione adottata consente di minimizzare il rischio di ristagni e sovraccarichi idraulici, assicurando un deflusso regolare anche in condizioni di eventi meteorici intensi, in coerenza con il quadro complessivo degli interventi di messa in sicurezza operativa della discarica.

Il sistema di smaltimento si sviluppa a valle del nodo di confluenza mediante la realizzazione di un nuovo canale di scarico, costituito da condotta in calcestruzzo (CLS), finalizzato al convogliamento diretto delle acque verso il vallone Pazzano. Tale soluzione progettuale consente di bypassare il vallone secondario esistente, attualmente caratterizzato da condizioni geometriche e funzionali non pienamente idonee alla regimazione controllata dei deflussi, garantendo al contempo la continuità idraulica del sistema e il corretto recapito nel reticolo idrografico naturale principale.

6.4 INT.04 – Consolidamento e ripristino sede stradale a valle della vasca 2 e 3

L'intervento oggetto della presente relazione, identificato come **INT.04 – Consolidamento e ripristino della sede stradale a valle delle vasche 2 e 3**, si inserisce nel quadro degli interventi previsti per la messa in sicurezza operativa della discarica di località Nocecchia ed è finalizzato al ripristino delle condizioni di funzionalità e sicurezza della viabilità interna al sito. La viabilità interessata si sviluppa lungo il perimetro delle vasche di coltivazione ed è realizzata su un rilevato artificiale sostenuto, nel tratto di valle, da opere di contenimento in gabbioni e da una paratia di pali con cordolo di testa e tiranti di ancoraggio.

Dalle analisi dello stato di fatto e dai sopralluoghi effettuati, emerge un quadro di degrado diffuso della sede stradale, caratterizzato da deformazioni del piano viabile, fessurazioni e avvallamenti, associati a fenomeni di instabilità del rilevato. In particolare, si evidenzia la presenza di dissesti riconducibili a cedimenti del corpo stradale e a fenomeni franosi localizzati lungo il versante di valle.



Figura 18 – Immagini dello stato di fatto del fondo stradale

Si riporta di seguito immagine del cordolo visibile in sito.



Figura 19 foto con indicazione della paratia esistente

Dalle immagini di cui sopra si evince la presenza la paratia di contenimento della vasca di discarica. A seguito di confronti con la committenza, è stato possibile visionare gli elaborati progettuali della paratia di pali presente. Si riporta di seguito immagine tipologica della paratia presente a valle della vasca 2.

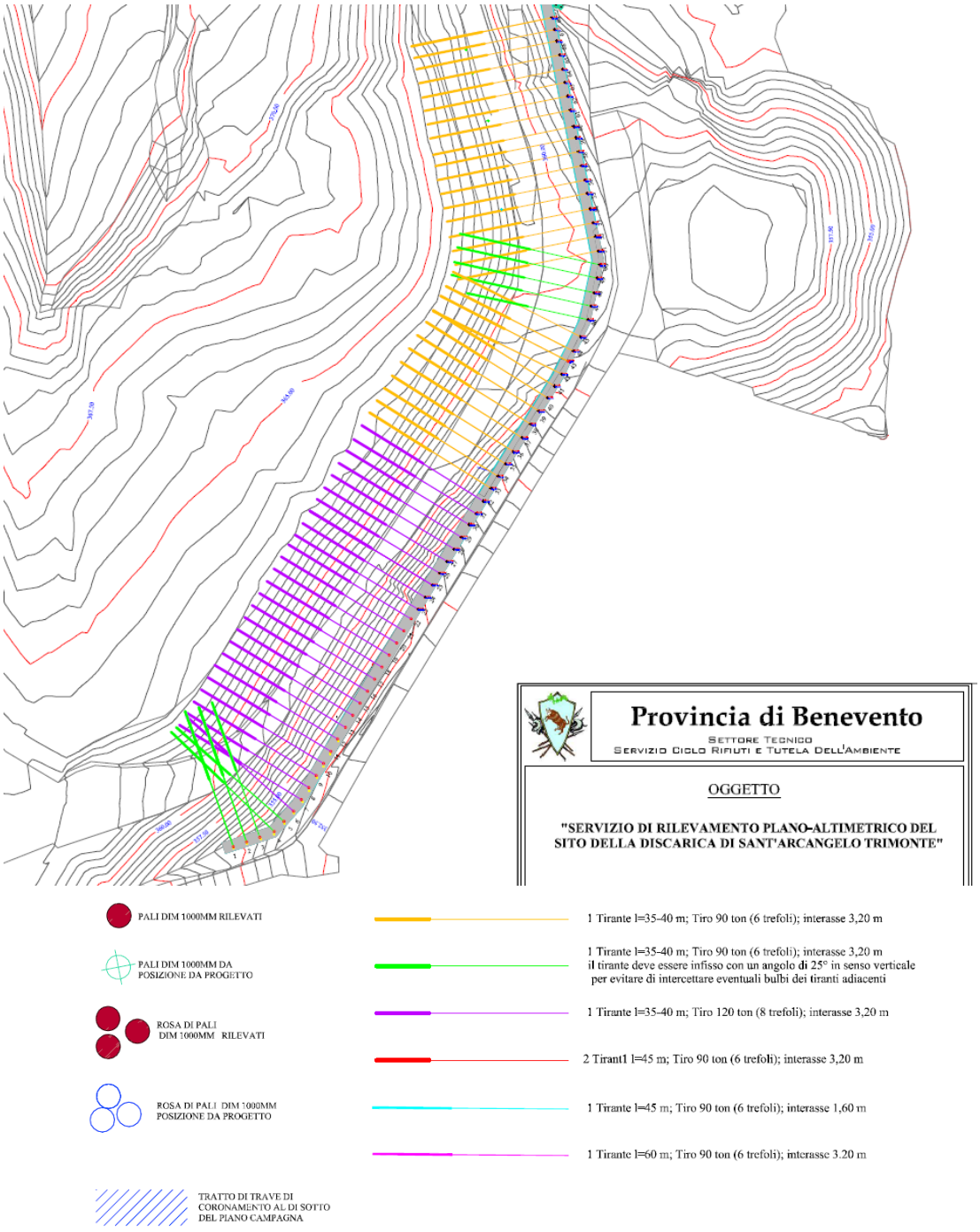


Figura 20: stralcio planimetrico paratia presente (fonte: committente)

Le verifiche visive e il confronto con la documentazione progettuale esistente consentono di escludere criticità strutturali significative a carico della paratia di sostegno, che risulta priva di evidenti fenomeni di spanciamento o danneggiamenti del cordolo di testa. Ne consegue che il dissesto è attribuibile principalmente al comportamento del rilevato stradale

sovrastante, interessato da fenomeni di perdita di portanza e instabilità dovuti all'azione delle acque meteoriche e alle caratteristiche geotecniche dei terreni.

Alla luce di tale quadro, l'intervento previsto non si limita al rifacimento della pavimentazione stradale, ma prevede un'azione strutturale sul sottosuolo, mediante tecniche di miglioramento e consolidamento dei terreni, finalizzate a ripristinare e garantire nel tempo adeguati livelli di stabilità e capacità portante.

La soluzione progettuale adottata prevede pertanto:

- il **consolidamento del terreno di fondazione mediante tecnologia deep mixing**, finalizzato al miglioramento delle caratteristiche geomeccaniche del rilevato e alla riduzione dei cedimenti;
- il successivo **ripristino della sovrastruttura stradale**, mediante rifacimento degli strati funzionali e del tappetino di usura.

L'intervento si sviluppa lungo un tratto di viabilità di lunghezza complessiva pari a circa 190 m e interessa il volume di terreno a tergo delle opere di sostegno esistenti, in coerenza con quanto già individuato nelle precedenti fasi progettuali.

Nel complesso, l'intervento assume un ruolo strategico nell'ambito della messa in sicurezza operativa del sito, in quanto garantisce la piena funzionalità della viabilità interna, necessaria per l'esercizio delle attività di gestione, monitoraggio e manutenzione delle opere impiantistiche e ambientali presenti nella discarica.

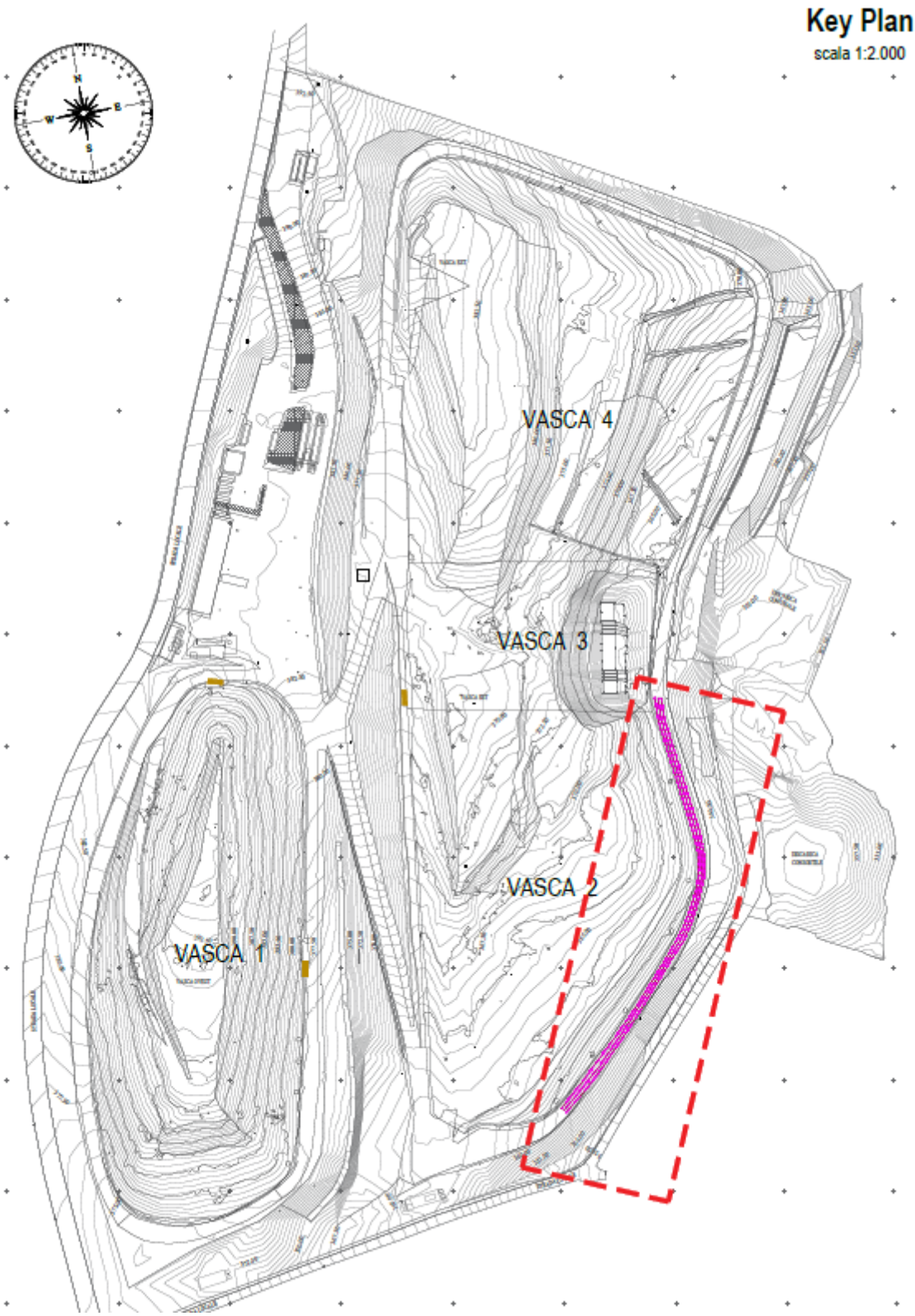


Figura 21 Planimetria di progetto - Intervento di consolidamento

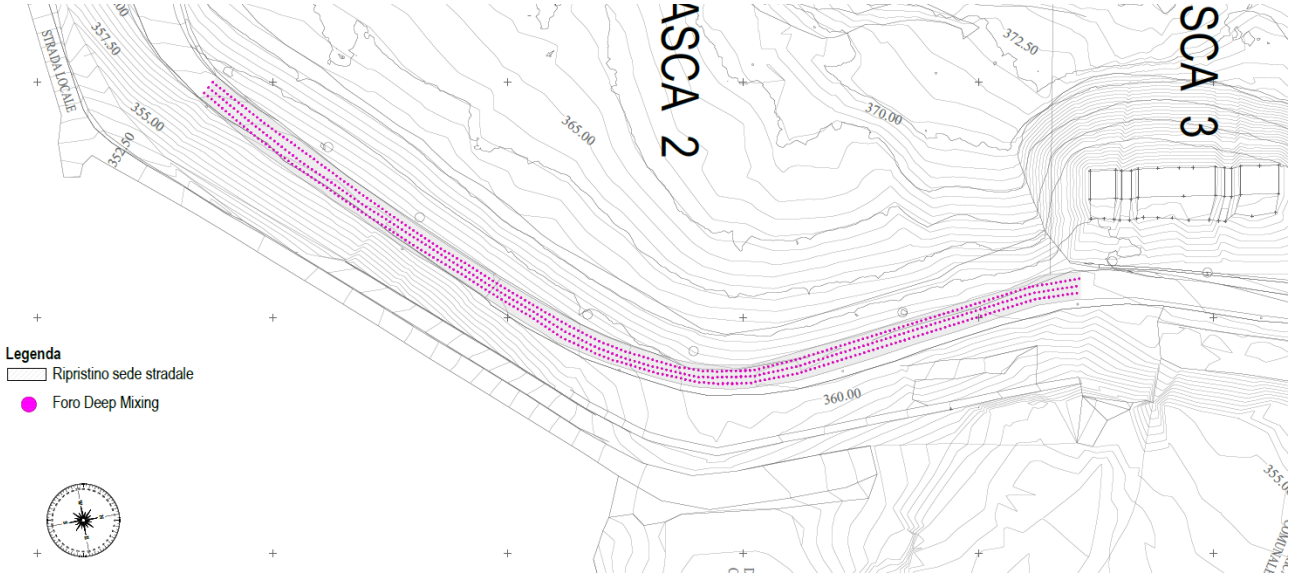
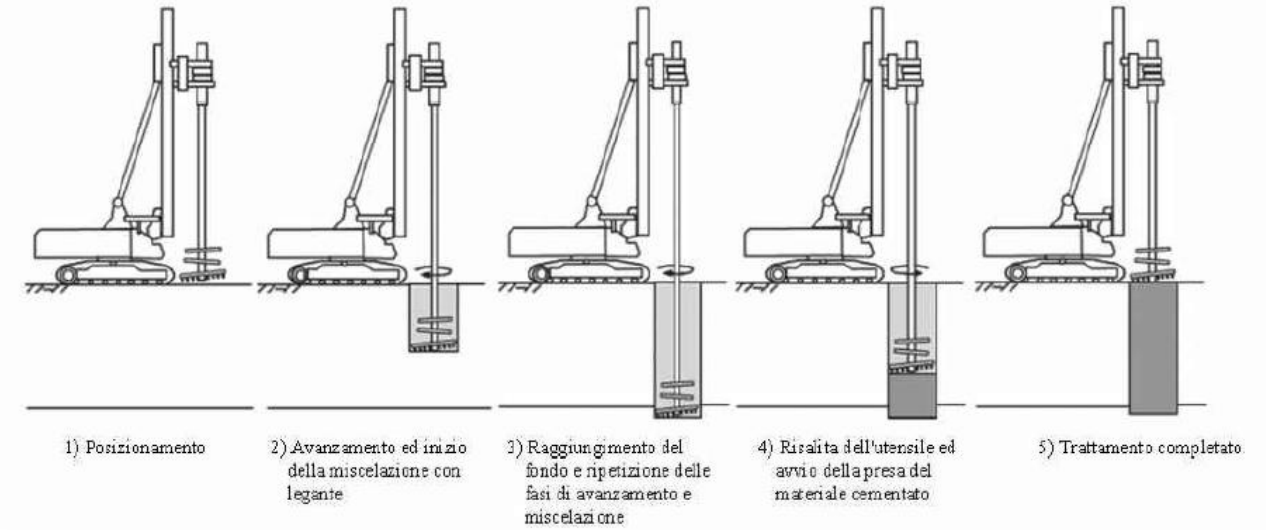


Figura 22 Intervento di consolidamento - stralcio

Nello specifico, il Deep Mixing è una tecnologia di miglioramento e consolidamento del terreno che sfrutta la miscelazione meccanica del terreno stesso con leganti a base cementizia o calce. È una tecnologia sempre più utilizzata per il rinforzo di terreni a bassa capacità portante ma anche per la riduzione della permeabilità dei terreni stessi.

La strumentazione si avvale di uno o più alberi cavi rotanti, connessi a speciali utensili di taglio, introdotti nel terreno per mezzo di teste rotanti guidate idraulicamente od elettricamente. L'albero sopra l'utensile può essere ulteriormente equipaggiato con elementi discontinui ad elica o con pale mescolatrici. Il legante, iniettato attraverso l'albero cavo, per mezzo di ugelli localizzati vicino all'utensile, si mescola con il terreno formando elementi colonnari consolidati. Il diametro del trattamento di consolidamento, nel caso in analisi, risulterà di 200/400mm, ed avrà un passo di 3 iniezioni al metro. Inoltre, in corrispondenza degli scavi che interessano aree prossime ad edifici o muri perimetrali, strutture suscettibili, pertanto, di eventuali meccanismi di collasso dovuti alle operazioni di scavo stesso, la rigidezza flessionale degli elementi Deep Mixing sarà incrementata introducendo a fresco nelle colonne delle armature metalliche di rinforzo opportunamente dimensionate.

Si riporta di seguito la sequenza esecutiva dell'intervento.



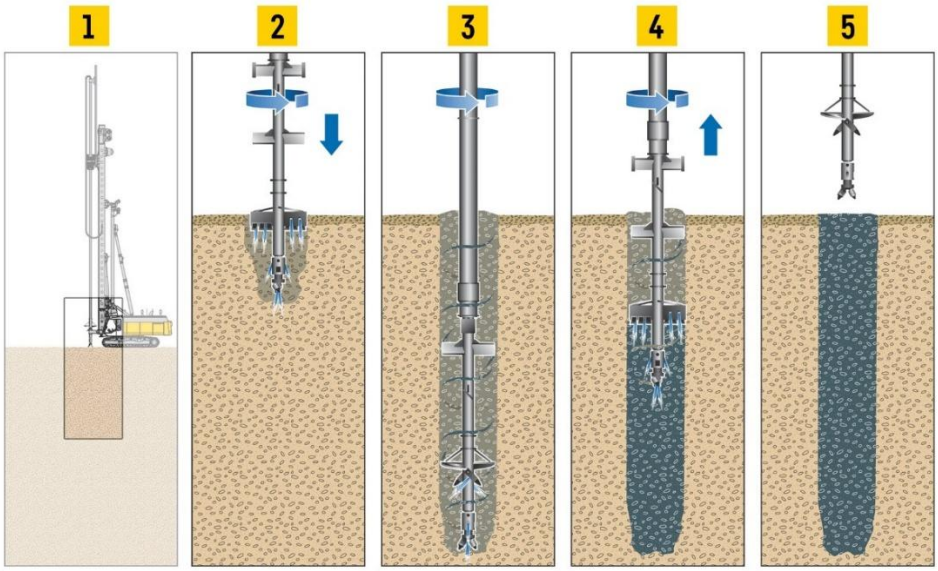


Figura 23 – Fasi di realizzazione della tecnica Deep Mixing

A completamento dell'intervento di consolidamento mediante deep mixing, è previsto il **rifacimento della sovrastruttura stradale** lungo l'intero tratto interessato, per una lunghezza complessiva di circa 190 m, al fine di ripristinare le condizioni di regolarità, sicurezza e durabilità del piano viabile.

L'intervento sulla pavimentazione si configura come parte integrante del sistema di consolidamento, in quanto il miglioramento delle caratteristiche geotecniche del sottofondo risulta efficace solo se accompagnato da una

sovrastruttura in grado di distribuire correttamente i carichi e di proteggere gli strati sottostanti dall'azione delle acque meteoriche.

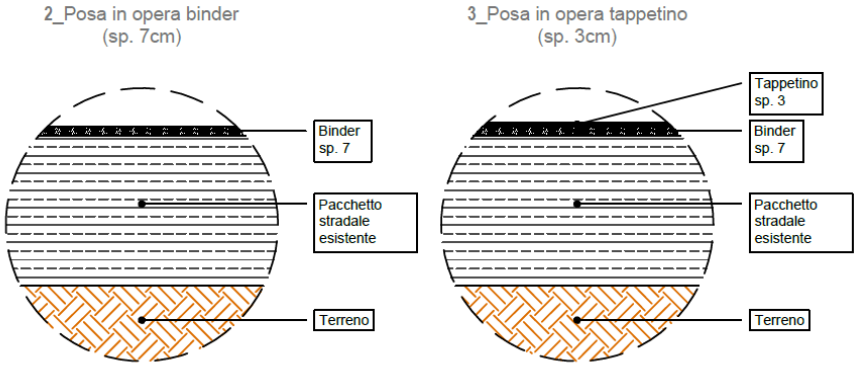


Figura 24 – Particolare costruttivo pavimentazione

6.5 INT.05 – Realizzazione piezometro per il monitoraggio della falda

L'intervento prevede la realizzazione di nuovi punti di monitoraggio piezometrico finalizzati al controllo nel tempo della matrice falda e alla verifica dell'efficacia del sistema complessivo di messa in sicurezza operativa del sito.

Nel quadro degli interventi progettuali del Progetto Operativo di Bonifica era prevista l'installazione dei piezometri denominati **Pz7** e **S6**, ubicati in posizioni strategiche rispetto al modello idrogeologico del sito e al sistema di emungimento previsto. Tali punti di monitoraggio assumono un ruolo fondamentale nell'ambito del sistema di controllo ambientale, in quanto consentono di acquisire informazioni puntuali sull'andamento dei livelli piezometrici e sulla qualità delle acque sotterranee, elementi indispensabili per la gestione operativa della discarica e per la verifica del contenimento della contaminazione.



Figura 25 Identificazione piezometri

PIEZOMETRO	LATITUDINE	LONGITUDINE
PZ7	41°10'26.30"N	14°55'24.39"E
S6	41°10'18.63"N	14°55'21.51"E

Tabella 2 Ubicazione piezometri

Si precisa che il piezometro **Pz7** (identificato con PZ2N nell'elaborato delle indagini) risulta già realizzato nell'ambito delle indagini geognostiche eseguite dalla società Geoprove, e pertanto viene integralmente recepito nel sistema di monitoraggio previsto dal progetto esecutivo. Tale piezometro, opportunamente verificato in termini di integrità, funzionalità e rispondenza alle specifiche tecniche richieste, sarà utilizzato come punto di misura esistente, evitando la duplicazione delle opere e garantendo al contempo la continuità delle informazioni già acquisite nel corso delle campagne di indagine.

Diversamente, il piezometro **S6** sarà realizzato ex novo secondo le specifiche tecniche di seguito descritte.

La realizzazione del piezometro S6 sarà eseguita mediante perforazione a carotaggio continuo fino alla profondità di progetto, definita in funzione delle condizioni stratigrafiche locali e della necessità di intercettare il livello di circolazione idrica superficiale, che nel sito in esame si manifesta in forma discontinua e stagionale nei livelli più alterati del

sottosuolo. Le indagini pregresse evidenziano infatti la presenza di terreni a bassa permeabilità e una circolazione idrica limitata agli strati superficiali, con fenomeni di falda effimera legata agli eventi meteorici.

All'interno del foro sarà installata una colonna piezometrica costituita da tubazione in PVC fessurata nel tratto filtrante e cieca nei tratti superiori, con diametro adeguato alle operazioni di campionamento e misura. Il tratto filtrante sarà posizionato in corrispondenza dell'orizzonte idrogeologicamente significativo, mentre l'intercapedine anulare sarà riempita con materiale drenante selezionato (ghiaietto siliceo lavato), al fine di garantire una corretta comunicazione idraulica tra il terreno e il piezometro.

Al di sopra del tratto drenante sarà realizzato un tappo impermeabile in bentonite o miscela bentonitica-cementizia, con funzione di sigillatura e prevenzione di cortocircuiti idraulici tra livelli differenti. La testa del piezometro sarà protetta mediante pozzetto ispezionabile, carrabile ove necessario, idoneo a garantire la protezione meccanica e la sicurezza del punto di misura.

Il piezometro S6 sarà attrezzato per consentire sia la misura manuale dei livelli piezometrici sia il campionamento delle acque di falda per le successive analisi chimico-fisiche, in coerenza con quanto previsto dal piano di monitoraggio ambientale. I parametri analitici da determinare saranno quelli tipici dei siti contaminati, con particolare riferimento a metalli, composti organici e indicatori di qualità delle acque sotterranee, secondo quanto già definito nell'ambito delle indagini preliminari e della normativa di riferimento.

Nel complesso, l'intervento consente di integrare e rafforzare la rete di monitoraggio esistente, migliorando la capacità di controllo del sistema e fornendo dati fondamentali per la gestione dinamica dell'intervento di messa in sicurezza operativa, in coerenza con gli obiettivi di tutela delle matrici ambientali previsti dal progetto.

6.6 INT.06 - Realizzazione rete di emungimento falda

La barriera idraulica rappresenta l'opera principale di contenimento della contaminazione della falda ed è finalizzata a intercettare i flussi idrici in uscita dal corpo discarica lungo il margine idrogeologico di valle.

L'intervento prevede la realizzazione della rete di emungimento della falda mediante una barriera idraulica costituita da **n. 20 pozzi di emungimento**, disposti lungo il margine di valle del sito secondo la configurazione individuata negli elaborati specialistici. Ciascun pozzo sarà realizzato con diametro di perforazione pari a 600 mm e profondità pari a 10,00 m, valori ritenuti compatibili con le caratteristiche della falda superficiale intercettata e con le esigenze di richiamo idraulico del sistema.



Si riporta la planimetria dell'intervento:

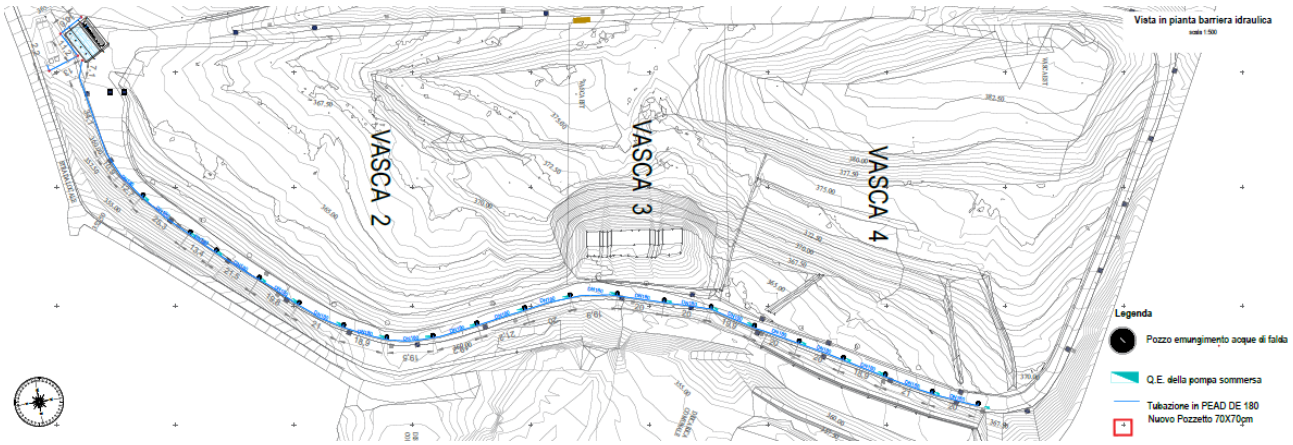


Figura 26 Planimetria intervento rete emungimento falda

Per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato 01.PE.AMB.RS.1. Relazione specialistica interventi di bonifica della falda e agli elaborati grafici allegati.

6.7 INT.07 - Impianto trattamento delle acque di falda

L'intervento prevede la fornitura e posa in opera di un impianto dedicato al trattamento delle acque di falda emunte dal sistema di pozzi previsto nell'ambito della messa in sicurezza operativa del sito. Tale impianto costituisce un elemento centrale del sistema MISO, in quanto consente di garantire la compatibilità ambientale delle acque intercettate prima della loro immissione nel corpo recettore superficiale.

L'esigenza di realizzare un sistema di trattamento deriva direttamente dalle caratteristiche idrochimiche delle acque di falda rilevate nel corso delle indagini ambientali, che evidenziano la presenza di alcuni parametri critici non conformi ai limiti previsti per lo scarico diretto, rendendo pertanto necessario un trattamento preventivo di tipo chimico-fisico.

L'impianto è stato dimensionato per una portata complessiva pari a circa **50 m³/giorno**, valore coerente con le portate attese dal sistema di emungimento e adeguato a garantire la continuità operativa anche in condizioni di massimo

esercizio. Il ciclo di trattamento adottato è di tipo modulare e si articola in una sequenza di fasi finalizzate alla rimozione dei contaminanti presenti e al rispetto dei limiti normativi allo scarico.

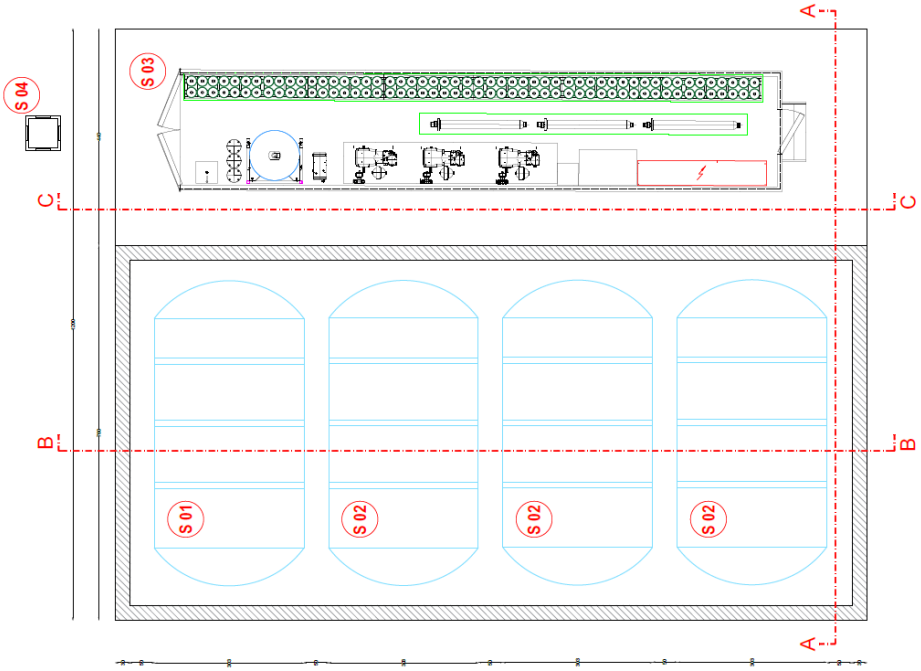


Figura 27 Impianto trattamento

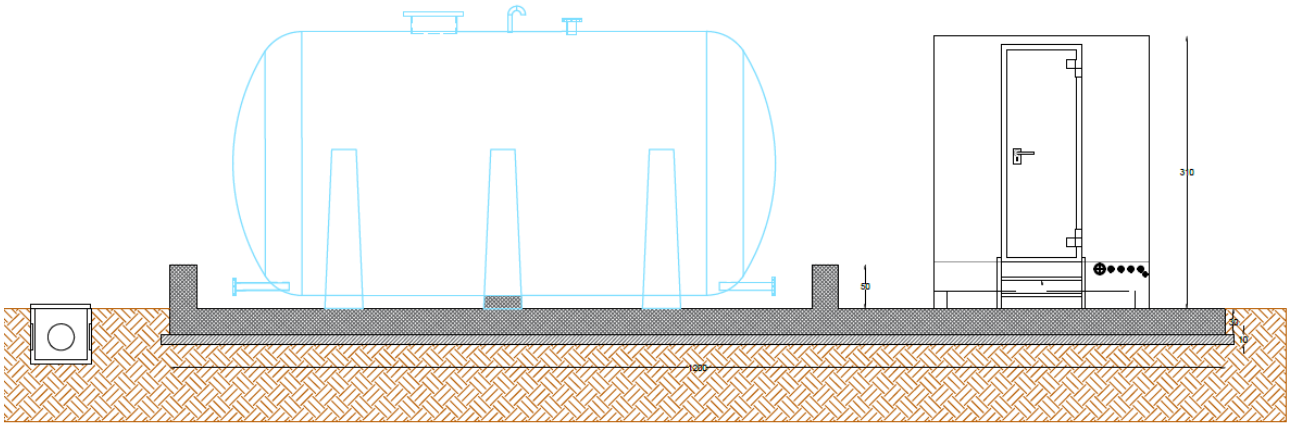


Figura 28 Particolare serbatoi di accumulo

In una prima fase, le acque provenienti dai pozzi barriera vengono convogliate in una vasca di accumulo ed equalizzazione, avente la funzione di omogeneizzare le caratteristiche del refluo in ingresso e garantire una portata costante alle sezioni di trattamento successive. Tale fase risulta fondamentale per stabilizzare le condizioni operative dell'impianto, riducendo le variazioni di carico idraulico e chimico.

Successivamente, il refluo viene sottoposto a trattamento chimico-fisico mediante una serie di vasche di reazione in cui avvengono i processi di neutralizzazione, coagulazione e flocculazione. In questa sezione vengono dosati specifici reagenti (quali soda caustica, coagulanti e polielettroliti) al fine di favorire l'aggregazione delle particelle colloidali e la precipitazione dei contaminanti disciolti. Il processo è controllato mediante strumentazione dedicata (in particolare sonde pH) che consente la regolazione automatica dei dosaggi e il mantenimento delle condizioni ottimali di reazione.

A valle della fase di reazione, il refluo trattato viene inviato a una sezione di decantazione, in cui avviene la separazione tra la fase liquida chiarificata e i fanghi prodotti dal processo chimico. I fanghi sedimentati saranno successivamente gestiti come rifiuti e avviati a smaltimento secondo la normativa vigente.

La linea acque prosegue quindi con una fase di affinamento mediante filtrazione su materiali selezionati, quali quarzite e carbone attivo, finalizzata alla rimozione dei solidi residui e all'abbattimento di eventuali contaminanti organici e microinquinanti ancora presenti. Tale stadio consente di migliorare ulteriormente la qualità del refluo, garantendo il rispetto dei limiti allo scarico in corpo idrico superficiale.

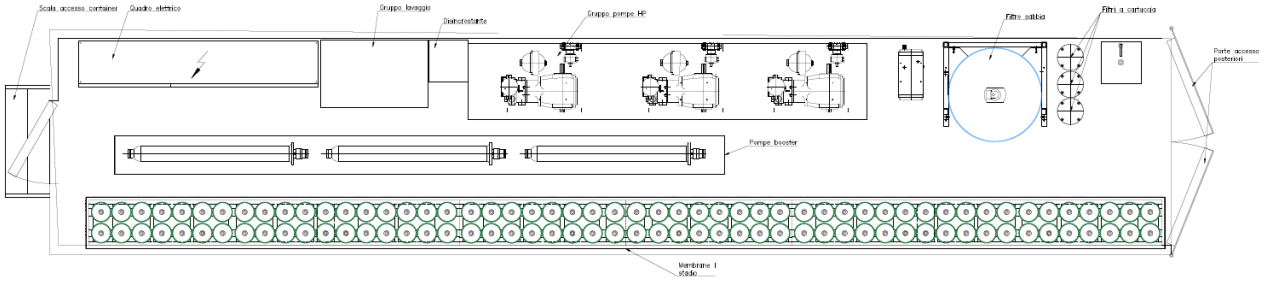


Figura 29 Planimetria interna - I stadio

L'impianto è inoltre dotato di un sistema di stoccaggio e dosaggio reagenti, costituito da serbatoi dedicati e pompe dosatrici, che consente una gestione automatizzata e controllata del processo di trattamento. Tutte le sezioni impiantistiche sono integrate mediante un quadro elettrico e un sistema di controllo che permette la gestione operativa dell'impianto, il monitoraggio dei parametri principali e l'eventuale telecontrollo da remoto.

Dal punto di vista funzionale, l'impianto si inserisce in modo integrato nel sistema complessivo di gestione delle acque del sito, che comprende la rete di drenaggio superficiale, il sistema di emungimento della falda e il recapito finale verso il corpo idrico. La corretta interazione tra tali componenti è essenziale per garantire il controllo del ciclo dell'acqua e la prevenzione della diffusione della contaminazione, in coerenza con gli obiettivi della messa in sicurezza operativa.

Le acque trattate in uscita dall'impianto saranno recapitate nella rete di smaltimento esistente mediante convogliamento in un punto di scarico già presente all'interno del sito. In particolare, il refluo depurato verrà immesso in un pozzetto ubicato a valle degli impianti di trattamento delle acque di prima pioggia a servizio delle vasche 1, 2 e 3, garantendo così

l'integrazione funzionale con il sistema idraulico esistente. Da tale pozzetto, le acque saranno successivamente convogliate, tramite condotta dedicata, verso il pozzetto terminale di scarico, dal quale avverrà l'immissione nel corpo idrico superficiale recettore, nel rispetto dei limiti normativi vigenti in materia di scarichi. La configurazione adottata consente di mantenere un unico punto di recapito finale, già esistente e funzionalmente collaudato, evitando la realizzazione di nuovi scarichi e garantendo al contempo il controllo delle portate e delle caratteristiche qualitative delle acque immesse nell'ambiente, in coerenza con gli obiettivi della messa in sicurezza operativa del sito.

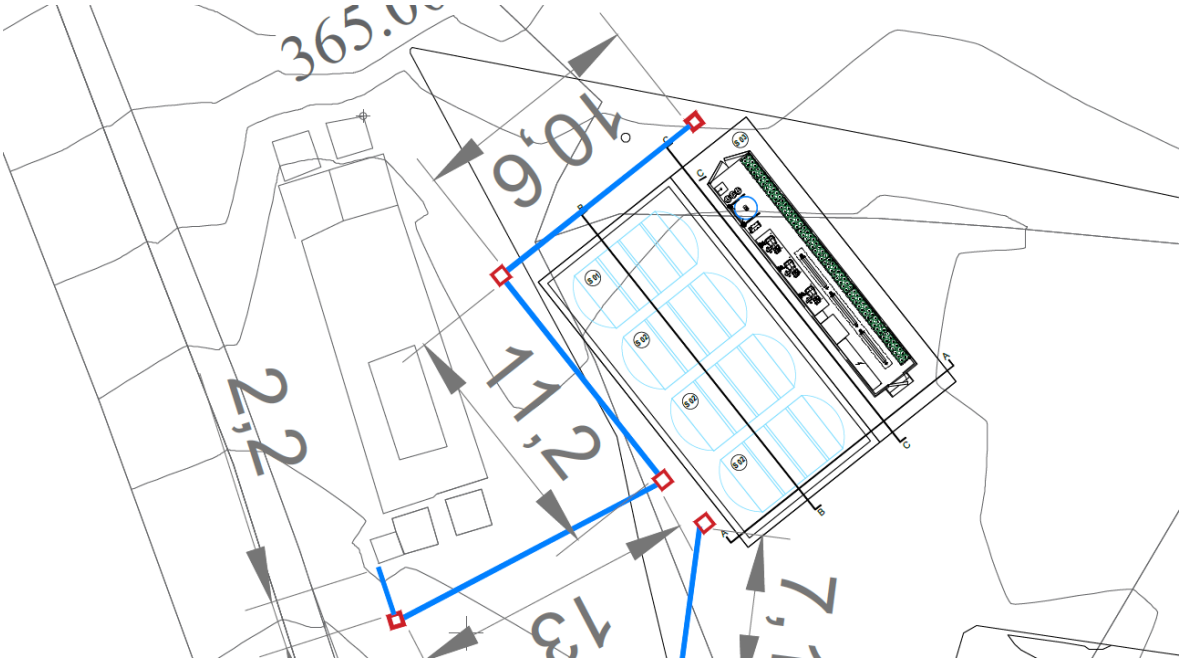


Figura 30 Scarico acque depurate

In conclusione, l'impianto di trattamento delle acque di falda rappresenta un'infrastruttura indispensabile per il funzionamento dell'intero sistema MISO, assicurando che le acque emunte vengano gestite in modo controllato e conforme alla normativa ambientale, contribuendo in maniera determinante alla tutela delle matrici ambientali e alla sostenibilità dell'intervento nel lungo periodo.

Per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato 01.PE.AMB.RS.1. Relazione specialistica interventi di bonifica della falda e agli elaborati grafici allegati.