



REGIONE BASILICATA

MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA SICUREZZA ENERGETICA

REGIONE BASILICATA

COMUNE TITO

**ACCORDO DI PROGRAMMA PER GLI INTERVENTI
PRIORITARI DEL SITO INDUSTRIALE EX DARAMIC
RICOMPRESO NEL SIN DI TITO**

CUP: G21L23000420001

CIG: BB72DDDBED



**Piano delle indagini integrative di caratterizzazione
nell'area ex Daramic**

*Rel. R26-04-60
maggio 2026*

1	PREMESSA	1
1.1	Contesto generale e obiettivi.....	1
1.2	Documentazione di riferimento	1
2	INQUADRAMENTO DEL SITO	3
2.1	Descrizione del sito industriale ex Daramic	4
3	SINTESI DELLE INDAGINI PREGRESSE CONDOTTE NEL SITO	6
3.1	Descrizione delle componenti ambientali del sito	6
3.1.1	Suolo e sottosuolo	6
3.1.2	Acque superficiali	7
3.1.3	Acque sotterranee	7
4	SINTESI DEI MONITORAGGI PREGRESSI CONDOTTI NEL SITO.....	8
4.1	Monitoraggio della rete nell'area Ex Daramic.....	8
4.2	Piezometria.....	9
5	SINTESI DEI MONITORAGGI 2025	11
5.1	Esiti dei test di cessione.....	11
5.2	Verifica dello stato di funzionalità di pozzo e piezometri.....	12
5.3	Campionamento ed analisi delle acque sotterranee	13
6	AGGIORNAMENTO DEL MODELLO CONCETTUALE	16
6.1	Ricostruzione dell'assetto stratigrafico ed idrogeologico del sottosuolo del sito	16
6.1.1	Assetto stratigrafico	16
6.1.2	Assetto idrogeologico e ricostruzione piezometrica	17
6.2	Stratificazione verticale dei composti alogenati nelle acque sotterranee	17
6.3	Evoluzione della contaminazione rilevata nelle acque sotterranee	20
7	PIANO DELLE INDAGINI INTEGRATIVE PROPOSTE	23
7.1	Monitoraggio gas interstiziali e dell'aria ambiente	24
7.1.1	Campionamento del soil gas tramite flux chamber	24
7.1.2	Monitoraggio dell'aria ambiente tramite campionatori passivi tipo Radiello	26
7.1.3	Set analitico	27
7.1.4	Metodologia dell'Analisi di Rischio a partire dalle misure di soil gas e aria ambiente	28

7.2 Sondaggi geognostici con campionamento terreni ed integrazione della rete piezometrica;	30
7.2.1 Prelievo campioni per analisi ambientali	31
7.2.2 Campioni per prove di laboratorio geotecniche	33
7.2.3 Campioni per ADR	33
7.2.4 Installazioni dei piezometri	34
7.2.5 Rilievo topografico piezometri	34
7.3 Indagini direct-push	35
7.3.1 Direct-push MIP-HPT-EC	35
7.3.2 Direct-push CPTU	37
7.4 Ricognizione della rete dei sottoservizi del sito	39
7.4.1 Fase Documentale e Ricognitiva	39
7.4.2 Rilevatori Elettromagnetici a Induzione (RD – Radio Detection)	39
7.4.3 Tracciatura con Sonde Radiotrasmettenti (Sonde Sonda)	40
7.4.4 Metodi Geofisici Non Invasivi	40
7.4.5 Restituzione dei Risultati e Georeferenziazione	42
7.5 Campagna di monitoraggio delle acque sotterranee	42
7.5.1 Ubicazione e descrizione dei punti di monitoraggio	42
7.5.2 Modalità di campionamento delle acque di falda	43
7.5.3 Analisi chimiche	44

FIGURE (nel corpo del testo)

Figura 2.1	Inquadramento del sito all'interno del SIN
Figura 2.2	Estratto dalla planimetria dello stabilimento
Figura 4.1	Stralcio piezometria dei livelli di acquifero – PdC 2005
Figura 6.1	Zonazione verticale in un acquifero contaminato da composti alogenati
Figura 6.2	Proprietà dei principali composti organoalogenati
Figura 6.3	Biodegradazione in relazione col redox e la stratificazione verticale
Figura 7.1	Schema di confronto con le Concentrazioni Soglia soilgas

TABELLE (nel corpo del testo)

Tabella 5.1 Campionamento T0 del settembre 2025 - Schema delle caratteristiche dei punti campionati

TABELLE (fuori testo)

Tabella 1 Sintesi dei risultati delle analisi condotte sulle acque di falda nel Piano della Caratterizzazione 2005

Tabella 2 Sintesi dei risultati delle analisi condotte sulle acque di falda – settembre 2025

Tabella 3 Sintesi delle misure freatiche – settembre 2025

TAVOLE

Tavola 1 Planimetria ubicazioni punti di campionamento acque di falda – settembre 2025

Tavola 2 Planimetria della piezometria rilevata nella campagna di settembre 2025

Tavola 3 Planimetria dei superamenti nelle acque sotterranee 2005÷2025

Tavola 4 Planimetria ubicazione indagini integrative proposte

ALLEGATI

Allegato 1 Planimetria dello stabilimento

Allegato 2 Planimetria ubicazione indagini del Piano della Caratterizzazione 2005

Allegato 3 Certificati stratigrafici dei sondaggi del Piano della Caratterizzazione 2005

Allegato 4 Sezione stratigrafiche interpretative del Piano della Caratterizzazione 2005

Allegato 5 Sintesi degli esiti analitici sui monitoraggi del Piano della Caratterizzazione 2005

Allegato 6 Planimetria dei superamenti nelle acque del Piano della Caratterizzazione 2005

Allegato 7 Scheda illustrativa delle indagini ambientali con tecnologia MIP-HPT-EC (Membrane Interface Probe – Hydraulic Profiling Tool – Electrical Conductivity)

Allegato 8 Laboratorio Alfa Solution S.p.A. - Confronto metodi nella determinazione Idrocarburi volatili (C6-C10) nei Piezometri

1 PREMESSA

1.1 Contesto generale e obiettivi

Nel corso del 2023 il Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, la Regione Basilicata e il Comune di Tito hanno stipulato l'Accordo di programma per gli interventi prioritari del sito industriale ex DARAMIC ricompreso nel SIN di Tito. La Regione Basilicata è individuata quale Soggetto Responsabile Unico dell'Attuazione, mentre il Comune di Tito è il Soggetto Attuatore.

L'Accordo suddivide le attività in due fasi:

- Indagini – Rilievi – Progettazione;
- Ripristino barriera idraulica o altre soluzioni che limitino la propagazione dei contaminanti dalla sorgente primaria.

Il presente documento rientra tra le attività previste per la Fase 1, in quanto costituisce il "Piano delle indagini integrative" volto a completare ed aggiornare il quadro geologico-tecnico ed ambientale delle matrici terreno e falda, utile per poter procedere ad un aggiornamento dell'Analisi di Rischio sito specifica, nonché fornire informazioni indispensabili per la successiva fase di progettazione delle opere.

1.2 Documentazione di riferimento

La documentazione esaminata ai fini dell'elaborazione del presente documento comprende:

- Elaborati geologici a corredo del PRGC;
- Piano della Caratterizzazione - Daramic s.r.l. Stabilimento di Tito Scalo (Pz) – Febbraio 2005 – (ERM Italia srl Rif.0022367)
- Studi e indagini per la caratterizzazione e la bonifica dei siti regionali inquinati e perimetrati di interesse nazionale. Zone industriali di Val Basento e di Tito - redatto dal Prof. Spilotro – Giugno 2006;

- Rapporto relativo alla caratterizzazione di suolo, sottosuolo e acque di falda finalizzata agli interventi di bonifica della ex Liquichimica di Tito Scalo - redatto da METAPONTUM Agrobios – Gennaio 2009;
- Progetto Preliminare. Prosecuzione degli interventi di messa in sicurezza e bonifica delle acque di falda (Cod. CBMT01 – SIN Tito) - redatto da ISPRA e Regione Basilicata – Ottobre 2014;
- Progetto Definitivo degli interventi di Bonifica e messa in sicurezza permanente dell'area ex Liquichimica - redatto dall'RTP Europrogetti, Planeta Studio Associato e dott. Mattia Ciattaglia – novembre 2015;
- Progetto Esecutivo di Bonifica approvato dalla Regione Basilicata con Determinazione Dirigenziale n. 23AA.2017/D.01441 del 28/11/2017.
- Relazione tecnica sull'efficacia dell'intervento di bonifica nel SIN di Tito – sito ex Liquichimica, 2024, Studio Planeta ECONsulting e Bonifiche Servizi Ambientali s.r.l. per Gruppo Iren.
- Sistematizzazione e sintesi organica dei dati relativi alla caratterizzazione e MISE pregressa – Comune di Tito - ZOPPELLARI GOLLINI & ASSOCIATI S.R.L. – rev.2 del 13/03/2025.
- Campionamento e analisi per aggiornamento del quadro di contaminazione al nuovo T0 prima del riavvio della MISE - Relazione di resoconto sulle attività di monitoraggio del settembre 2024 – Comune di Tito - ZOPPELLARI GOLLINI & ASSOCIATI S.R.L. – rev.1 del 20/12/2025.
- Esecuzione di una campagna di indagini indirette e dirette al fine di evidenziare potenziali aree (intese come estensioni planimetriche e profondità) di interrimento rifiuti nell'area ex Daramic – Comune di Tito - ZOPPELLARI GOLLINI & ASSOCIATI S.R.L. – rev.1 del 04/07/2025.

2 INQUADRAMENTO DEL SITO

L'area ex Liquichimica è compresa all'interno della zona industriale di Tito, facente parte del sito di interesse nazionale (SIN) di Tito Scalo, istituito dalla Legge n. 426 del 9 dicembre 1998 (allegato E) e dal successivo decreto del Ministero dell'Ambiente dell'8 luglio 2002, ed il cui ultimo aggiornamento della perimetrazione è stato ufficializzato con Decreto del Ministro dell'Ambiente e della sicurezza energetica del 30 ottobre 2023 n. 352.

Il sito in esame si estende per circa 5 ettari nell'Area Industriale in località Tito Scalo, a circa 4 km nord-ovest dall'abitato di Tito (PZ) ed è individuabile catastalmente al foglio 14, particella 72.

A seguito di procedure fallimentari delle aziende che si sono susseguite nella gestione del sito, attualmente nell'area non viene più svolta alcuna attività.

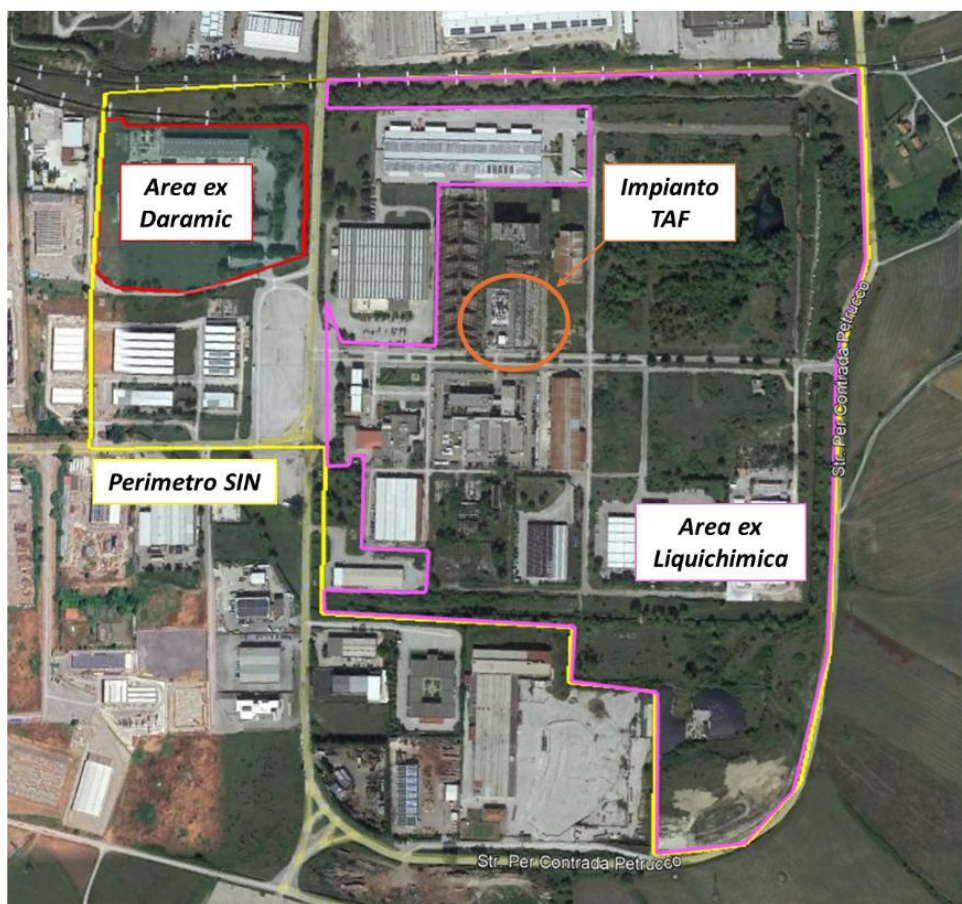


Figura 2.1 – Inquadramento del sito all'interno del SIN

2.1 Descrizione del sito industriale ex Daramic

Il complesso industriale dove sorge lo stabilimento in esame ha avuto origine nel 1980 quando si è insediata la società Plastica Industriale Lucana S.p.A. (P.I.L.), destinata alla produzione di separatori per batterie per auto. Dal 12/06/1997 alla società P.I.L. è subentrata la società Daramic Holding Italy S.r.l., controllata dalla società francese Daramic Holding sa. Nel 2008 la società Daramic S.r.l. ha cessato la produzione ed in data 9/3/2010 è subentrata la Step One S.r.l.

Lo stabilimento occupa un'area rettangolare essenzialmente pianeggiante a destinazione d'uso industriale, estesa per circa 50.000 m², di cui circa 20.000 m² destinati a verde (planimetria in **Allegato 1**).

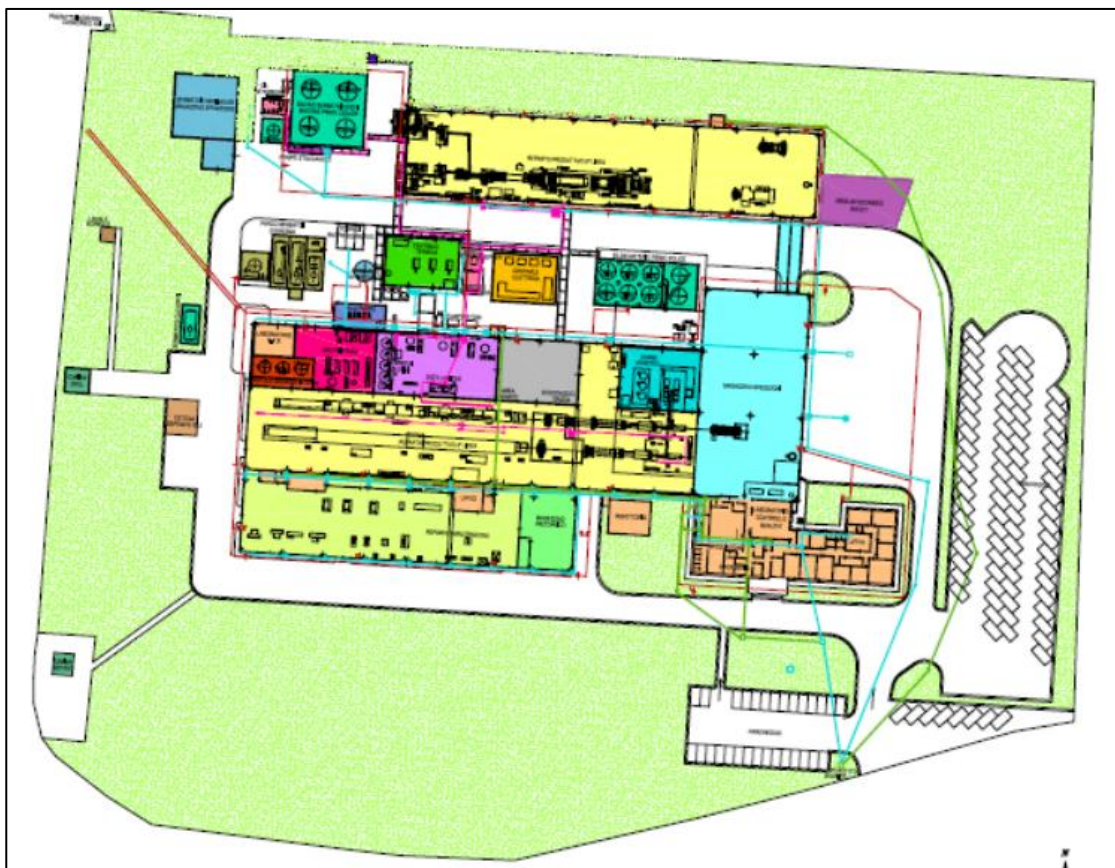


Figura 2.2 – Estratto dalla planimetria dello stabilimento (Allegato 1)

L'azienda era volta alla produzione di separatori per batterie, ossia fogli porosi di materiale plastico con delle crenature longitudinali, posti come

divisorio tra gli elettrodi all'interno di una batteria ed evitare così cortocircuiti durante il funzionamento della stessa.

Le materie prime utilizzate erano: silice amorfa, polietilene ad ultra-alto peso molecolare (UHMW-PE), olio plastificante, tricloroetilene, additivi vari (nerofumo, stearato di calcio, antiossidante, trietilammina).

Nel corso del periodo 2005-2011 le attività produttive sono state interrotte e gli impianti dismessi.

3 SINTESI DELLE INDAGINI PREGRESSE CONDOTTE NEL SITO

3.1 Descrizione delle componenti ambientali del sito

Per la definizione delle matrici ambientali del sito in esame si richiamano i contenuti nel Piano della Caratterizzazione redatto dalla società ERM Italia S.r.l. nel febbraio 2005 per conto della Daramic S.r.l. (nel seguito PdC 2005) e del successivo aggiornamento a ottobre 2005. I dati sono stati integrati con le risultanze delle indagini condotte durante gli anni ed illustrati nelle relazioni redatte dallo Studio ZOPPELLARI GOLLINI & ASSOCIATI S.R.L. nel 2025, su incarico del Comune di Tito.

3.1.1 Suolo e sottosuolo

L'area in studio è compresa nel Foglio 470 Potenza della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000. Più in particolare, nell'area ex Daramic si rinvencono litotipi appartenenti al Sintema della Fiumara del Mattino (FTN), formato da limi argillosi ed argille con lenti di ghiaie e livelli di torbe (litofacies FTNe2), passanti lateralmente verso l'alto a ghiaie sabbiose di conoide alluvionale (litofacies FTNb), riferita dubitativamente al Pleistocene medio p.p. – superiore.

Le perforazioni eseguite in fase di attuazione del PdC 2005 (planimetria ubicazione in **Allegato 2** e certificati stratigrafici in **Allegato 3**) hanno permesso, sempre all'interno del PdC, di ricostruire la seguente successione stratigrafica dei terreni al di sotto il sito in esame (sezioni stratigrafiche interpretative in **Allegato 4**):

- riporto fino a un massimo di 3,5 m di profondità;
- acquicludo limoso, con spessore massimo di 5 m;
- primo livello acquifero sabbioso ghiaioso con frazione limosa localmente abbondante, con spessore massimo di 8 m;
- acquicludo argilloso, con spessore massimo di circa 7 m;
- secondo livello acquifero sabbioso ghiaioso con frazione limosa localmente abbondante, con spessore massimo di circa 5 m;

- acquicludo basale argilloso, fino alla massima profondità indagata di 23 m.

3.1.2 Acque superficiali

L'area della zona industriale di Tito si sviluppa su una superficie pianeggiante allungata in direzione Est-Ovest che ricade nella parte alta del bacino del fiume Basento. Alla base della valle scorre il Fosso della Mattina, che nella zona industriale prende il nome di Torrente Tora fino alla confluenza con il Basento.

In occasione della realizzazione della zona industriale di Tito, il torrente Tora e i fossi affluenti furono deviati e regimati in canali artificiali rivestiti in calcestruzzo per tutto il tratto che attraversa l'insediamento.

3.1.3 Acque sotterranee

Il Modello Concettuale ricostruito nel PdC 2005, definiva due livelli di acquiferi confinati la cui base si sarebbe trovata rispettivamente a circa 10 m e 20 m di profondità dal p.c.

Entrambi gli acquiferi sarebbero stati confinati e spessi mediamente 2,5 m, separati da un acquitardo argilloso dello spessore medio di 6 m (da modello concettuale - giugno 2005).

I valori di permeabilità, definiti con le prove di pompaggio a portata costante, erano:

- 1° acquifero: $1,52 \times 10^{-5}$ m/s;
- 2° acquifero: $9,6 \times 10^{-6}$ m/s.

Per quanto riguarda il livello acquifero superficiale, risultava una direzione di flusso verso Sud-Sud-Est e un gradiente idraulico medio pari a 1,8%. Tali valori non hanno subito sostanziali variazioni nel periodo di osservazione (settembre e novembre 2004).

Per quanto riguarda il livello acquifero profondo, nel dicembre 2004, la direzione di flusso delle acque sotterranee del secondo livello acquifero era verso Sud-Est, con gradiente idraulico medio pari al 9,1%.

4 SINTESI DEI MONITORAGGI PREGRESSI CONDOTTI NEL SITO

Nel presente capitolo vengono illustrate le elaborazioni relative alle concentrazioni dei principali contaminanti di interesse per il sito in oggetto, rilevati nel corso delle diverse campagne di monitoraggio e raccolti nell'**Allegato 5**. La localizzazione dei piezometri è riportata nell'**Allegato 6**.

Sulla base dei risultati delle analisi di laboratorio, i contaminanti individuati nelle matrici ambientali di terreno e acque sotterranee furono i seguenti:

- tricloroetilene (o trielina o TCE), utilizzato come solvente dell'olio plastificante;
- altri composti organoclorurati, eventualmente miscelati al tricloroetilene e/o derivanti dalla degradazione di questo;
- idrocarburi, che possono essere ricondotti alla presenza di solventi clorurati o possono essere contenuti nell'olio plastificante.

4.1 Monitoraggio della rete nell'area Ex Daramic

Nella **Tabella 1** sono riportati i valori delle analisi svolte nell'autunno del 2004, così come riportate nel PdC 2005 sui seguenti piezometri:

- 11 piezometri per il livello acquifero superficiale identificati da un numero senza sigla (11, 14, 18, 21, 22, 30, 31, 32, 33, 34, 35);
- 4 piezometri superficiali installati nel settembre 2004 (MW1, MW2, MW3, MW4);
- 3 piezometri profondi per intercettare il secondo livello di acquifero installati nel novembre 2004 (DW1, DW2, DW3);
- il pozzo di stabilimento.

Come si può osservare in tutti i piezometri vi erano superamenti delle CSC dei composti organoclorurati, con una contaminazione differente tra piezometri superficiali e profondi:

- nei piezometri più profondi si rinveniva sostanzialmente il solo tricloroetilene,
- nei piezometri superficiali vi erano anche altri composti organoclorurati appartenenti alla catena di biodegradazione del TCE.

I valori più alti di concentrazione si registravano nei piezometri collocati tra la centrale termica e il parco serbatoi dismesso nella porzione nord dello stabilimento (18, 14, MW2, 11) con valori superiori al grammo/litro, (ai limiti della solubilità del TCE). Oltre che nelle acque sotterranee, in corrispondenza dei punti di campionamento MW2 e DW2 venivano individuati superamenti delle CSC per siti ad uso industriale rispetto al tricloroetilene in 2 campioni di terreno.

Dall'analisi dei dati di concentrazione di inquinanti in falda si osservava una diminuzione di tricloroetilene più marcata nella prima fase di funzionamento della barriera, con l'instaurarsi del campo di moto indotto dall'emungimento (concentrazioni ridotte fino al 30-40% del valore iniziale); successivamente, si riscontrava una riduzione più blanda ma sostanzialmente omogenea, a seguito del completamento della barriera idraulica (concentrazioni finali inferiori a 150.000-300.000 µg/l rispetto ai 600.000-1.400.000 µg/l ante operam).

Si individuava inoltre un aumento, soprattutto nei piezometri profondi, delle concentrazioni di inquinanti a seguito del riavvio della barriera idraulica e dei sistemi MPE nel 2014, dopo il lungo periodo di inattività (da novembre 2011).

4.2 Piezometria

Prima dell'avvio della barriera idraulica erano presenti in sito 11 piezometri superficiali e 3 profondi.

Tramite interpolazione grafica dei dati di campionamento furono ricavate le piezometrie del primo livello acquifero a settembre e novembre 2004 e del secondo livello acquifero a dicembre 2004 (figura seguente estratta dal PdC 2005)).

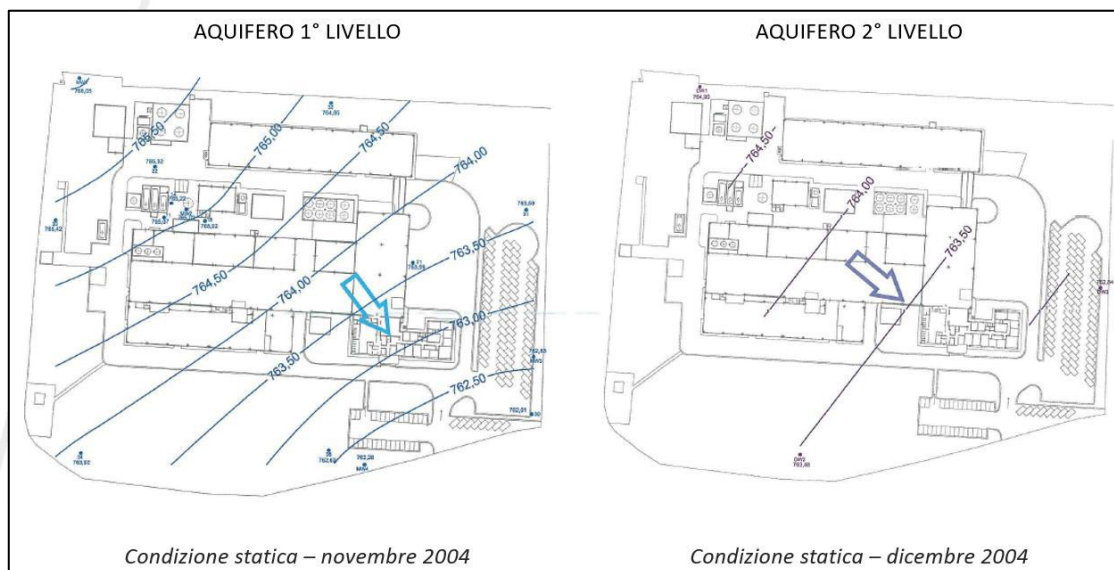


Figura 4.1 — Stralcio piezometria dei livelli di acquifero – PdC 2005

Per il PdC 2005 furono condotte ed esaminate delle prove di permeabilità speditive (slug-test) eseguite nei piezometri MW1, MW2, MW3, MW4, DW1, DW2 e DW3. I valori di permeabilità medi risultarono:

- Primo livello acquifero: media $3,97 \times 10^{-5}$ m/s;
- Secondo livello acquifero: media $8,67 \times 10^{-6}$ m/s.

5 SINTESI DEI MONITORAGGI 2025

Il documento "Campionamento e analisi per aggiornamento del quadro di contaminazione al nuovo T0 prima del riavvio della MISE – Campagna di monitoraggio sui piezometri esistenti" (rev. 02 del 09/07/2025) definiva un piano di monitoraggio finalizzato a valutare l'aggiornamento dello stato di contaminazione delle acque sotterranee, la funzionalità dei piezometri esistenti ed il potenziale impatto dei rifiuti interrati presenti nel sito.

Le attività previste comprendevano tre ambiti principali:

- 1) L'esecuzione di test di cessione su un campione di rifiuto plastico interrato, ricavato dalle carote disponibili in sito, e su un campione di prodotto non interrato (foglio plastico).
- 2) La verifica dello stato di funzionalità dei pozzi e dei piezometri tramite video ispezione e, ove necessario, pulizia mediante sistema Air-Lift.
- 3) Il campionamento e l'analisi delle acque sotterranee.

Le attività sono state condotte tra la primavera e l'estate del 2025.

I punti oggetto di intervento hanno compreso i piezometri del sistema MISE sia superficiali che profondi, i pozzi di spurgo di valle del sistema MISE, i piezometri del sistema MPE per entrambi i livelli, il pozzo di emungimento un tempo a servizio dello stabilimento e i piezometri di monitoraggio impiegati nelle campagne di caratterizzazione condotte tra il 2004 e il 2005.

Rispetto a quanto inizialmente pianificato, le operazioni di pulizia, campionamento e analisi delle acque sono state eseguite esclusivamente sui piezometri per i quali non si rendeva necessario procedere allo smontaggio della strumentazione e dell'impiantistica installata.

5.1 Esiti dei test di cessione

Come approfondito all'interno della Relazione "Esecuzione di una campagna di indagini indirette e dirette al fine di evidenziare potenziali aree (intese come estensioni planimetriche e profondità) di interrimento rifiuti nell'area ex Daramic" [rev. 01 del 04/07/2025], all'interno del perimetro dello stabilimento ex Daramic sono presenti rifiuti interrati fino a una profondità di

Città di Tito

CUP: G21L23000420001

Piano delle indagini integrative di caratterizzazione nell'area ex Daramic

R26-04-60 – aprile 2026

circa 3 metri, costituiti da macerie e fogli plastici separatori di batterie non rispondente alle specifiche produttive.

Nel luglio 2025 sono quindi state eseguite determinazioni analitiche su due campioni, prelevati in stabilimento:

- Campione 1 - rifiuto plastico interrato S7C prelevato dalle carote disponibili in sito (profondità a -1,5 m), perforate nel corso delle attività di caratterizzazione svolte nel tempo;
- Campione 2 - foglio separatore plastico (trovato in stabilimento e non interrato).

Confrontando i risultati relativi agli esiti del test di cessione con le concentrazioni soglia di contaminazione (CSC) definite per le acque sotterranee nel D. Lgs. 152/2006, Allegato 5 alla Parte Quarta, Tabella 2, emerge come sia il prodotto che il rifiuto plastico interrato (costituito dal medesimo prodotto, ma interrato) abbiano una cessione con concentrazioni inferiori alle CSC.

5.2 Verifica dello stato di funzionalità di pozzo e piezometri

Il lavoro, svolto tra i mesi di luglio e agosto 2025, si è articolato nelle seguenti fasi principali:

- 1) Fase di Ricognizione, previo sfalcio delle aree con vegetazione per permettere l'accesso;
- 2) Fase di Ispezione Visiva (Videoispezione), registrando le quote delle sezioni filtranti e verificando la presenza di disallineamenti, fango e sedimenti;
- 3) Pulizia (Lavaggio - se necessario): in base ai risultati della videoispezione, il lavaggio è stato eseguito su una selezione di piezometri mediante l'utilizzo combinato del sistema Air-Lift (insufflando aria a bassa pressione) e di un'unità idrodinamica (acqua a bassa pressione). Lo scopo era quello di asportare i detriti e ripristinare la funzionalità delle finestrature.
- 4) Verifica Finale e Funzionalità: successivamente al lavaggio (dopo circa due ore) è stata svolta una seconda videoispezione per confermare l'efficacia del ripristino.

Durante le attività di ricognizione, dopo lo sfalcio della vegetazione, sono stati individuati 43 piezometri sui 53 teoricamente previsti dagli elaborati analizzati; non sono stati rinvenuti i piezometri identificati con i codici 32, 21, MW12, PEP3, PES3, PEP2, PES2, PES1, PEP1, PP3.

Inoltre, 5 dei punti trovati sono risultati fuori uso poiché senza piezometro e/o otturati: 34, DW3, 33, PS7, PP4; degli ultimi due erano presenti solo i contatori.

L'ispezione visiva, effettuata sui 38 piezometri trovati funzionanti, più 2 piezometri aggiuntivi individuati in campo e sul pozzo di stabilimento, ha rivelato che molti di essi erano sporchi e presentavano incrostazioni calcaree, patine ferruginose o terriccio, che compromettevano l'efficienza delle finestrature.

Per tre piezometri relativi al sistema MPE di primo livello acquifero (indicati con la sigla PE) non è stato possibile eseguire la videoispezione per le condizioni logistiche: il PE1 è posizionato al di sotto di un silos di metallo che non permette alcuna operazione di smontaggio pompe, mentre per PE5 e PE8 non è stato possibile smontare le relative pompe.

In relazione allo stato dei piezometri rilevato si è proceduto al lavaggio di 11 di essi, ossia quelli individuati con le sigle 11, 18, 22, 31, MW1, PP1, PP2, PS2, PS3, PS6 e pozzo di stabilimento (SS).

Il lavaggio è stato eseguito utilizzando la tecnica dell'Air-Lift (insufflando aria a bassa pressione) in combinazione con un'unità idrodinamica (acqua a bassa pressione).

Le videoispezioni successive al lavaggio hanno confermato l'efficacia del trattamento: sono state eliminate le incrostazioni e ripristinata la piena efficienza dei piezometri.

5.3 Campionamento ed analisi delle acque sotterranee

A seguito delle attività di verifica dello stato di funzionalità dei pozzi si è proceduto con il campionamento e l'analisi delle acque sotterranee.

L'attività è stata svolta, su incarico del Comune di Tito, da Planeta Studio Associato di Chivasso (TO), avvalendosi del laboratorio Alfa Solutions S.p.A. di Reggio Emilia per le attività analitiche, ed ha visto lo spurgo ed il campionamento delle acque presso i piezometri che sono stati rilevati e sono risultati operativi dopo le verifiche e il ripristino dell'efficienza e campionabili senza dovere smontare strumentazione e dotazioni impiantistiche.

È stato quindi prelevato un campione delle acque sotterranee presso 20 punti, come previsto dal piano di campionamento per l'aggiornamento del quadro di contaminazione (nuovo T0), la cui ubicazione è rappresentata in **Tavola 1**.

Le caratteristiche dei punti campionati sono sintetizzate nella seguente tabella 5.1:

POZZO	Ø (")	Tratto Fenestrato A partire (m da pc)	fondo foro (m da pc)
PS5	6	0	7,8
PS6	4	1,15	6,6
DW3	3	15,8	19,7
31	6	1,20	6,9
MW5	4	7,7	9,2
PS2	5	7	10
DW2	3	15	21
PP1	5	16	>16
PS3	6	1,2	7
PP2	5	15	19
MW1	4	5,8	8,8
DW1	3	15	18,7
SS	10	7,7	9,6
22	7	3,8	5,5
MW11	2	4	10,5
18	7	4	6,8
PS1	5	1	10
14	7	3,6	5,7
11	7	3,7	6,5
PS4	4	2,9	8,3

Tabella 5.1: Campionamento T0 del settembre 2025 - Schema delle caratteristiche dei punti campionati

Nella **Tabella 2** si riportano gli esiti delle indagini analitiche effettuate sui campioni di acque prelevati tra il 9 e l'11 settembre 2025 e sottoposti ad analisi

chimiche per la verifica della presenza di contaminanti, con riferimento ai limiti normativi stabiliti dal D.Lgs. 152/2006, Allegato 5, Tabella 2 (CSC).

I risultati evidenziano una persistente contaminazione da solventi clorurati, in particolare tricloroetilene (TCE), cloruro di vinile, 1,1-dicloroetilene e 1,2-dicloroetilene, con concentrazioni che in molti punti superano abbondantemente le rispettive CSC.

I valori più elevati di TCE sono stati riscontrati nei piezometri PP1, PP2, PS3, PS4, MW1, DW1, 11 e 14, con picchi oltre 160.000 µg/l.

Anche il cloruro di vinile ha mostrato superamenti significativi della CSC, con valori fino a 270 µg/l rispetto al limite di 0,5 µg/l.

6 AGGIORNAMENTO DEL MODELLO CONCETTUALE

6.1 Ricostruzione dell'assetto stratigrafico ed idrogeologico del sottosuolo del sito

6.1.1 Assetto stratigrafico

L'assetto del sottosuolo risulta essere estremamente complesso e disomogeneo, essendo caratterizzato da un'alternanza di depositi a matrice fine (prevalentemente limoso-argillosi) con sottili lenti debolmente più grossolane, comunque caratterizzate da una prevalente matrice fine. La revisione critica delle stratigrafie dei sondaggi effettuati nell'ambito del PdC 2005 (**Allegato 3**), effettuata anche in considerazione delle conoscenze acquisite dall'esecuzione di oltre una sessantina di carotaggi nell'area dell'ex-liquichimica, permette di delineare, una stratigrafia del sottosuolo risulta così costituita:

- Terreno di riporto costituito da elementi antropici quali frammenti di laterizi e cls frammisti a terreno naturale (limo argilloso/sabbioso con ciottoli) e da terreno vegetale nei settori perimetrali; la potenza di tale orizzonte varia tra pochi decimetri fino ad un massimo di 3,5 m;
- successione di argille e limi argillosi alternati a limi sabbiosi e sabbie e ghiaie in abbondante matrice limosa, generalmente schematizzabile in:
- Livello limoso, con spessore massimo di 5 m, assimilabile ad un acquitardo;
- Primo livello acquifero sabbioso ghiaioso con frazione limosa localmente abbondante, con spessore massimo di 8 m;
- acquicludo argilloso, con spessore massimo di circa 7 m;
- secondo livello acquifero sabbioso ghiaioso con frazione limosa localmente abbondante, con spessore massimo di circa 5 m;
- acquicludo basale argilloso, fino alla massima profondità indagata di 23 m.

Nel complesso, la successione stratigrafica del sottosuolo, coerentemente con quanto rilevato nel corso delle campagne geognostiche

Città di Tito

CUP: G21L23000420001

Piano delle indagini integrative di caratterizzazione nell'area ex Daramic

R26-04-60 – aprile 2026

dell'area ex-liquichimica, risulta costituita da una sequenza di depositi fluvio-lacustri a tessitura prevalentemente limoso-argillosa con locali intercalazioni eterometriche di livelli contenenti ghiaia e ciottoli a spigoli vivi (clasti) in matrice limosa.

6.1.2 Assetto idrogeologico e ricostruzione piezometrica

E' possibile identificare all'interno della sequenza stratigrafica del sottosuolo la presenza di un unico complesso idrogeologico sede dell'acquifero principale, costituito da limi sabbioso-argillosi, con locale presenza di livelli contenenti ghiaia e clasti di ridotte dimensioni in matrice limosa.

Il complesso idrogeologico è caratterizzato dalla presenza di più falde multistrato intercettate localmente in corrispondenza degli orizzonti semi-permeabili (limi sabbioso-argillosi). L'elevata discontinuità laterale e verticale dei livelli a differente permeabilità non consente di distinguere le varie falde sovrapposte, il cui comportamento è quindi assimilabile a quello di un unico corpo idrico con deflusso sotterraneo unitario.

La falda acquifera superficiale è presente a partire da profondità comprese tra 1,64 m e 4,15 m circa dal p.c.

In **Tabella 3** si riportano le misure freaticometriche della campagna dell'estate 2025.

La ricostruzione della piezometria statica del sito, raffigurata in **Tavola 2**, è stata condotta interpolando le quote acquisite nel corso del rilievo piezometrico condotto nel settembre 2025 per i punti dei quali sono noti le quote delle teste pozzo.

Il deflusso idrico sotterraneo risulta orientato da NW verso SE con un gradiente dell'ordine del 1,5%.

6.2 **Stratificazione verticale dei composti alogenati nelle acque sotterranee**

La distribuzione verticale dei composti alogenati (principalmente clorurati e bromurati) nelle falde idriche è governata da una combinazione di

proprietà intrinseche dei contaminanti e di caratteristiche idrogeologiche del sistema acquifero.

I solventi clorurati più comuni (PCE, TCE, DCE, TCA, DCM) sono Dense Non-Aqueous Phase Liquids (DNAPL), ovvero la loro densità superiore a quella dell'acqua ($1,1-1,6 \text{ g/cm}^3$) li porta a migrare verticalmente verso il basso attraverso la zona satura, superando la tavola d'acqua e affondando fino a incontrare uno strato impermeabile (aquitard). Su questo "fondo" si accumulano formando pool o sorgenti secondarie diffuse.

Il percorso di migrazione è fortemente condizionato dall'eterogeneità del sottosuolo: lenti sabbiose, discontinuità stratigrafiche creano vie preferenziali che rendono il profilo verticale estremamente irregolare.

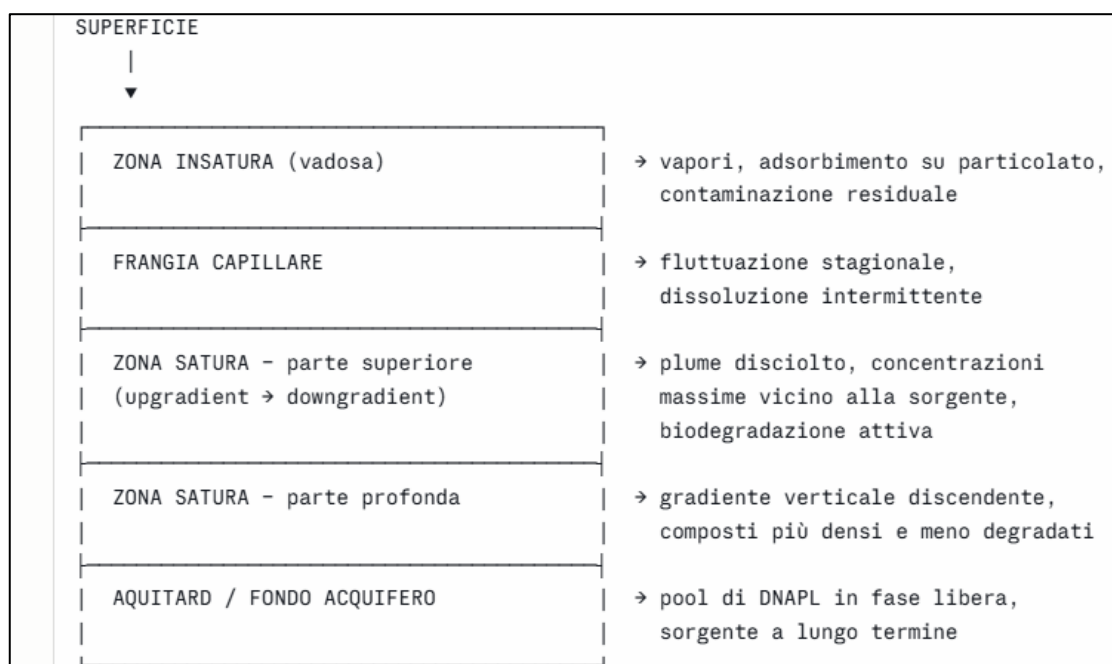


Figura 6.1 - Zonazione verticale in un acquifero contaminato da composti alogenati

Composto	Densità (g/cm ³)	Koc	Solubilità (mg/L)	Tendenza alla stratificazione
PCE	1,62	alto	150	Forte, accumulo profondo
TCE	1,46	medio	1.100	Forte
cis-DCE	1,28	basso	3.500	Moderata
VC (cloruro di vinile)	0,91	basso	2.700	Leggero, tende a risalire
DCM	1,33	molto basso	20.000	Dispersione rapida

Figura 6.2 – Proprietà dei principali composti organoalogenati

La biodegradazione riduttiva dei clorurati segue sequenze redox verticalmente definite:

Zona ossica (O ₂ presente)	→ scarsa degradazione
↓	
Zona nitrato-riducente	→ inizio dealogenazione
↓	
Zona solfato-riducente	→ PCE → TCE → DCE (parziale)
↓	
Zona metanogenica (profonda)	→ TCE → DCE → VC → etene (completa)

Figura 6.3 – Biodegradazione in relazione col redox e la stratificazione verticale

Paradossalmente, le concentrazioni più alte di **VC** (il prodotto più tossico) si trovano spesso a profondità intermedie, dove le condizioni sono sufficientemente riducenti per produrlo ma non per degradarlo ulteriormente.

In conclusione la stratificazione verticale non è un fenomeno uniforme ma risulta da un equilibrio dinamico tra gravità, eterogeneità geologica, flusso idrico e biochimica redox. Una caratterizzazione tridimensionale è prerequisito indispensabile per qualsiasi intervento di bonifica efficace, poiché interventi progettati senza conoscere il profilo verticale rischiano di mobilizzare i DNAPL profondi senza rimuoverli.

6.3 Evoluzione della contaminazione rilevata nelle acque sotterranee

Sulla base delle indagini condotte, al fine di aggiornare il quadro della contaminazione e tracciarne l'evoluzione nel tempo, sono stati messi a confronto i risultati delle analisi chimiche sui principali composti organoalogenati nelle acque di falda, riferiti a tre momenti distinti:

- la prima campagna di caratterizzazione ambientale dell'autunno 2004;
- l'ultima campagna di monitoraggio del novembre 2014 effettuata durante il periodo di attività della MISE;
- la nuova fase di indagine del settembre 2025, finalizzata alla definizione del nuovo T0.

I piezometri utilizzati per la ricostruzione sono:

- 15 piezometri superficiali: 11, 14, 18, 21, 22, 30, 31, 32, 33, 34, 35 e MW1, MW2, MW3, MW4;
- 3 piezometri profondi: DW1, DW2, DW3;
- 1 pozzo di stabilimento: SS.

L'analisi temporale dei dati, sintetizzata in **Tavola 3**, ha consentito di ricostruire l'evoluzione della contaminazione da solventi clorurati nel sito Ex Daramic nell'arco del ventennio 2004-2025. Il tricloroetilene (TCE) si conferma il contaminante dominante, sia per concentrazione che per distribuzione spaziale.

Nel 2004, i piezometri più critici (11, 14, 18, PS1) registravano concentrazioni di TCE estremamente elevate, superiori a 1.000.000 µg/l, sintomatiche di una contaminazione attiva riconducibile alla presenza di una sorgente localizzata nell'area del parco serbatoi e delle linee produttive. Nel 2014, l'attivazione dei sistemi di Messa in Sicurezza d'Emergenza (MISE) e di Multi-Phase Extraction (MPE) aveva determinato una significativa riduzione delle concentrazioni in alcuni punti di monitoraggio, in particolare in PS1 — situato nell'area interessata dallo sversamento storico di TCE — e nei piezometri PS3, PS4 e PS6, componenti della barriera idraulica posta a valle rispetto alla direzione di deflusso della falda. Nel 2025, dopo un decennio di inattività degli

impianti di MISE (spenti a inizio 2015), il quadro risulta sensibilmente modificato rispetto alla situazione iniziale.

L'analisi delle variazioni di concentrazione nel tempo è condotta separatamente per i piezometri profondi e per quelli superficiali, in quanto la differente fenestrazione del tubo piezometrico si ripercuote inevitabilmente sulla rappresentatività del campionamento, avendo comunque ben chiaro che il complesso idrogeologico è caratterizzato dalla presenza di più falde multistrato intercettate localmente in corrispondenza degli orizzonti semi-permeabili (limi sabbioso-argillosi). L'elevata discontinuità laterale e verticale dei livelli a differente permeabilità non consente di distinguere le varie falde sovrapposte, il cui comportamento è quindi assimilabile a quello di un unico corpo idrico con deflusso sotterraneo unitario.

Piezometri profondi. Tra il 2004 e il 2025, il piezometro DW2 (posizionato a valle idrogeologica) le concentrazioni rilevate nel 2025 risultano particolarmente elevate (113.000 µg/l). In DW3, sul lato est dello stabilimento, si osserva invece una riduzione di circa un ordine di grandezza. Per PP2, anch'esso a valle idrogeologico, si registra un incremento di due ordini di grandezza tra il 2014 e il 2025, mentre PP1 mostra una tendenza opposta, con concentrazioni che si dimezzano pur essendo ubicato nelle immediate vicinanze di PP2. Le serie storiche disponibili per entrambi i punti indicano che il valore 2025 di PP1 è coerente con l'andamento storico, mentre per PP2 l'incremento registrato non supera i picchi del 2005.

Si fa notare che nel piezometro DW1, posto a monte idrogeologica, si registra un incremento di un ordine di grandezza delle concentrazioni di TCE e dei suoi prodotti di degradazione (1,1-dicloroetilene e cloruro di vinile).

Piezometri superficiali. Nell'area interessata dallo sversamento storico (piezometri 11, 14, 18, 22 e PS1), tra il 2004 e il 2025 si osserva una riduzione delle concentrazioni di TCE di 2-3 ordini di grandezza. Riduzioni di analoga entità si registrano anche sul lato est, presso il piezometro 31, e di un ordine di grandezza presso i pozzi barriera PS3, PS4, PS5 e PS6. Nel periodo 2014-2025, a seguito dell'interruzione della MISE, si osserva un aumento delle concentrazioni di TCE in tutti i piezometri superficiali nella porzione centro-meridionale del sito

(PS1, PS3, PS4), mentre sul lato est (PS5 e PS6) le concentrazioni risultano in calo rispetto al 2014. Anche in questo caso le serie storiche confermano la tendenza complessiva alla riduzione nei pozzi PS, con l'eccezione dell'incremento registrato per PS1, PS3 e PS4 tra il 2014 e il 2025.

In ogni caso, le concentrazioni di TCE rilevate nelle campagne recenti, pur restando elevate, risultano notevolmente inferiori a quelle misurate nel 2004.

Si segnala infine che i dati di monitoraggio mostrano una presenza significativa di composti appartenenti alla catena di degradazione del TCE, in particolare 1,2-dicloroetilene e cloruro di vinile. Questo è indicativo di un processo naturale di abbattimento della contaminazione nel sottosuolo, noto come dealogenazione riduttiva.

Coerentemente con quanto osservato in DW1 per la falda profonda, nel piezometro di monte idrogeologica MW1, si rileva un incremento di un ordine di grandezza del TCE.

7 PIANO DELLE INDAGINI INTEGRATIVE PROPOSTE

Le indagini integrative di seguito proposte e planimetricamente ubicate in **Tavola 4**, sono volte a completare ed aggiornare il quadro geologico-tecnico ed ambientale delle matrici terreno e falda, con la finalità sia di poter procedere ad un aggiornamento dell'Analisi di Rischio sito specifica, nonché di fornire informazioni indispensabili per la successiva fase di progettazione delle opere di contenimento della contaminazione.

Le indagini proposte si possono sintetizzare in:

- 1) Monitoraggio gas interstiziali e dell'aria ambiente
- 2) Sondaggi geognostici con campionamento terreni ed integrazione della rete piezometrica;
- 3) Indagini speditive per la caratterizzazione verticale delle caratteristiche geotecniche, di permeabilità e distribuzione dei composti alogenati.
- 4) Ricognizione della rete dei sottoservizi del sito

Si prevede di eseguire gli approfondimenti geognostico/ambientale (punti 2 e 3) lungo il perimetro esterno delle aree che sono state utilizzate a scopo produttivo (linea tratteggiata magenta in **Tavola 4**) individuato da un poligono rettangolare con lati di circa 225 metri (est/ovest) e 150 metri (nord/sud).

Al fine di avere dei profili di dettaglio si propone di effettuare un'indagine ogni 25 metri, così distribuite:

- n° 8 sondaggi a carotaggio continuo, attrezzati a piezometro (PMD1÷8)
- n° 15 indagini Direct push MIP-HPT-EC (MIP1÷15)
- n° 9 indagini Direct push CPTU (CPT1÷9)

Per quanto riguarda i punti di monitoraggio dei gas interstiziali e dell'aria ambiente, l'ubicazione è stata studiata considerando le concentrazioni di clorurati rilevati in falda e la distribuzione degli ambienti dell'ex stabilimento:

- n° 7 flux chamber (SG1÷7)
- n° 10 campionatori passivi tipo Radiello (R1÷10)

Città di Tito

CUP: G21L23000420001

Piano delle indagini integrative di caratterizzazione nell'area ex Daramic

R26-04-60 – aprile 2026

7.1 Monitoraggio gas interstiziali e dell'aria ambiente

Il monitoraggio del soil gas e dell'aria ambiente è finalizzato alla valutazione del rischio per la salute umana associato all'inalazione di vapori dei solventi clorurati presenti nelle acque di falda nell'ambito dell'Analisi di Rischio sanitaria che sarà sviluppata per l'area Ex Daramic.

Tutte le attività di monitoraggio saranno condotte nel rispetto dei criteri riportati nel documento "Progettazione del monitoraggio di vapori nei siti contaminati" SNPA 15/2018.

7.1.1 Campionamento del soil gas tramite flux chamber

L'utilizzo delle camere di flusso o flux chamber (CF) permette di quantificare direttamente il flusso emissivo di vapori verso piano campagna, lasciando alla parte modellistica solo la dispersione in atmosfera o eventualmente, seppur applicate raramente per casi indoor, miscelazione in ambienti confinati.

Il campionamento con flux chamber avverrà in corrispondenza dei punti selezionati sulla base degli esiti di monitoraggio delle acque di falda. Indicativamente, si propongono fino a un massimo di 10 stazioni di campionamento per valutare l'inalazione di vapori outdoor.

La flux chamber è costituita da una cappa di flusso utilizzata per isolare e campionare le emissioni gassose, provenienti da una superficie di terreno, dalle condizioni ambientali esterne, in particolar modo dall'influenza del vento ed è costruita secondo quanto previsto dalla specifica EPA 1986 (rif. EPA1600/8-86/008: measurement of gaseous emission rates from land surfaces using an emission isolation flux chamber), ha volume di 25 litri e la portata di azoto applicata è di 4 l/min.

All'interno della cappa, mediante una linea di collegamento posizionata sulla cupola, viene insufflata aria secca e pulita a portata controllata (l'aria è insufflata da bombola o pompata previo stadio di depurazione).

L'aria in uscita al sistema attraverso una seconda valvola sarà monitorata per i parametri d'interesse mediante prelievi discreti sui substrati adsorbenti già indicati per il prelievo dei soilgas da analizzarsi successivamente in laboratorio.

La camera di flusso proposta per il campionamento in oggetto sarà del tipo aperto e avrà un volume di circa 50 litri. Il gas vettore immesso nella camera sarà azoto. Nella fase di campionamento, l'eventuale umidità nell'aria da campionare verrà rimossa da un'apposita camera di espansione Drexell refrigerata e il liquido trattenuto verrà analizzato al fine di escludere la presenza delle sostanze ricercate nella camera Drexell.

Operazioni preliminari

Saranno monitorate pressione, temperatura, O_2 e CO_2 all'interno e all'esterno della camera di flusso e andranno evitate variazioni significative di temperatura che potrebbero portare alla formazione di condensa.

In particolare, al fine di evitare la formazione di condensa all'interno della camera, con conseguente solubilizzazione dei contaminanti di interesse e sottostima del flusso emesso, si utilizzerà una camera di flusso in materiale isolante, provvedendo al mantenimento della stessa in ombra o eventualmente alla copertura della stessa con materiale bianco o riflettente.

Il vento potrebbe influire negativamente, causando variazioni di pressione in corrispondenza della camera di flusso. Per proteggere la camera di flusso potrà essere necessario usare un frangivento dalla sommità della camera alla superficie del suolo.

Anche l'umidità del suolo influenza il flusso di gas interstiziali, a tal fine è consigliabile pianificare il campionamento lontano da eventi piovosi e in presenza di terreno non gelato.

Nella camera di flusso sarà presente un foro di sfiato (distante dalla porta di campionamento), al fine di evitare variazioni di pressione che potrebbero perturbare il flusso emissivo campionato. Tale foro (vent) non deve essere mai ostruito.

Poiché il sito è allo stato attuale parzialmente pavimentato, si prevede di dover eliminare la pavimentazione per un'area di circa 2 m x 2 m ed infiggere la camera di flusso nel terreno sottostante tra i 5 e i 10 cm. La disposizione di sabbia umida, bentonite o un sigillante inerte intorno alla base della camera permette di garantire una migliore sigillatura del sistema.

Città di Tito

CUP: G21L23000420001

Piano delle indagini integrative di caratterizzazione nell'area ex Daramic

R26-04-60 – aprile 2026

Spurgo

Preliminarmente alle operazioni di campionamento, dovrà essere effettuato uno spurgo di almeno 4 volumi, al flusso di 4 l/min. La portata in ingresso verrà monitorata mediante flussimetro. Saranno altresì monitorati il tenore di O₂ e CO₂.

Campionamento

La differenza di pressione tra esterno e interno della camera dovrà essere ridotta tra 0,2 e 0,8 pascal. A tal fine dovrà essere misurata la pressione all'interno e all'esterno della camera di flusso preliminarmente al campionamento. Per evitare che la differenza di pressione sia eccessiva, la velocità dell'aria all'interno della camera deve essere il più possibile simile a quella esterna. La velocità del vento può eventualmente essere misurata mediante l'uso di un anemometro.

Inoltre, il flusso in uscita deve eguagliare il flusso in entrata, stabilito per la tipologia di camera di flusso che verrà utilizzata alla portata di esercizio di 4 l/min e a tal fine deve essere pienamente funzionale il foro di sfiato (vent) della camera di flusso.

Il campionamento avverrà tramite fiale mediante opportune linee di prelievo dedicate disposte in parallelo.

7.1.2 Monitoraggio dell'aria ambiente tramite campionatori passivi tipo Radiello

Il monitoraggio della qualità dell'aria ambiente all'interno dei fabbricati presenti in sito sarà effettuato mediante campionatori passivi tipo Radiello.

Si prevede di posizionare in sito 10 campionatori passivi, di cui:

- 9 distribuiti nei fabbricati principali e nella palazzina uffici;
- 1 posizionato all'esterno, nell'area settentrionale del sito, rappresentativo delle condizioni outdoor e delle concentrazioni presenti nell'ambiente esterno (background).

I campionatori passivi modello Radiello sono costituiti dai seguenti elementi:

- una cartuccia adsorbente riposta in un contenitore in vetro, sigillato da un involucro in polipropilene trasparente su cui è indicato numero di lotto e data di scadenza;
- un corpo diffusivo (dimensioni: 16 mm di diametro e 60 mm di altezza) all'interno del quale viene posizionata la cartuccia adsorbente, una volta rimossa del relativo involucro protettivo; nel caso specifico, sarà utilizzato il corpo diffusivo bianco identificato con codice 121;
- una piastra di supporto in policarbonato sulla quale viene avvitato il corpo diffusivo contenente la cartuccia adsorbente. La piastra è corredata da una tasca trasparente per l'inserimento dell'etichetta che permette di identificare in modo univoco la cartuccia adsorbente (mediante un codice a barre ed un numero identificativo). Sull'etichetta devono essere indicati, per ciascuna cartuccia, la data e l'ora del posizionamento e la data e l'ora del ritiro. Una volta terminato il campionamento, l'etichetta viene staccata dalla carta autoadesiva, dopo aver annotato la data e l'orario di fine esposizione, e posizionata sull'involucro protettivo della cartuccia estratta dal corpo diffusivo.

I campionatori saranno fissati ad un'altezza da terra dell'ordine di 1,60 - 1,80 m e lasciati in sito per un periodo di 14 giorni.

Oltre alle cartucce adsorbenti che saranno posizionate in sito, sarà effettuata anche un'analisi di "bianco" su una cartuccia dello stesso lotto.

7.1.3 Set analitico

Nei campioni prelevati in corrispondenza di ciascun punto di campionamento tramite flux chamber e sui campionatori passivi di tipo Radiello saranno ricercati i seguenti parametri:

- Tetracloroetene
- Tricloroetilene
- 1,2-Dicloroetilene
- 1,1-Dicloroetilene

- 1,2-Dicloropropano
- 1,1,2-Tricloroetano
- Triclorometano
- Cloruro di vinile

7.1.4 Metodologia dell'Analisi di Rischio a partire dalle misure di soil gas e aria ambiente

L'Analisi di Rischio sanitaria sarà condotta facendo riferimento ai seguenti documenti:

- “Procedura Operativa per la valutazione e l'utilizzo dei dati derivanti da misure di gas interstiziali nell'analisi di rischio dei siti contaminati” (SNPA 17/2018);
- “Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati” (APAT, 2008);
- Decreto Legislativo 3 aprile 2006 n. 152 “Norme in materia ambientale”.

In particolare, l'approccio riportato nelle Linee Guida SNPA 17/2018 definisce i seguenti criteri per l'utilizzo dei valori di gas interstiziali nell'Analisi di Rischio:

- criterio per l'individuazione delle sostanze di interesse per il percorso di volatilizzazione;
- criterio per l'esclusione del percorso di volatilizzazione;
- criterio per la determinazione delle necessità di intervento;
- criterio per la definizione delle CSR nel suolo e nelle acque sotterranee.

Seguendo quanto previsto dalla Procedura Operativa inizialmente verrà svolta la verifica per l'esclusione del percorso di volatilizzazione. Tale verifica prevede che le concentrazioni rappresentative delle campagne di monitoraggio del soil gas siano confrontate con le “Concentrazioni Soglia” (C_{soglia}) definite dalla Procedura Operativa per la destinazione d'uso del sito (nel caso in esame commerciale/industriale – recettore lavoratore). I due casi che possono

presentarsi, a seguito del suddetto confronto, sono riportati nello schema estratto dal Protocollo e riportato nella figura seguente.

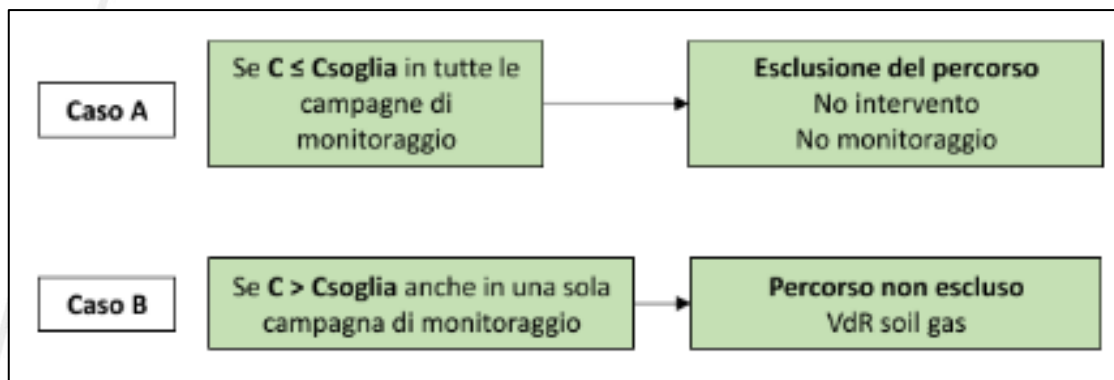


Figura 7.1: Schema di confronto con le Concentrazioni Soglia soilgas (da SNPA, 17/2018)

Qualora i dati di campo non risultino conformi ai valori soglia (Caso B di Fig.7.1), anche in una sola campagna di monitoraggio, il percorso di volatilizzazione verso gli ambienti indoor/outdoor non può ritenersi escluso ed è pertanto necessaria l'applicazione della valutazione del rischio (VdR) soil gas in modalità diretta tenendo conto dello scenario di esposizione sito-specifico e dei "fattori di attenuazione specifici".

La quantificazione del rischio sanitario sarà condotta mediante il software RISK-net, Versione 3.2 Pro (maggio 2024), sviluppato dalla Rete Nazionale sulla Gestione e la Bonifica dei Siti Contaminati (RECONNET).

Come criterio di accettabilità del rischio sanitario, secondo quanto stabilito dal D.Lgs. 152/06 e s.m.i., sarà considerato:

- per le sostanze non cancerogene: $HI \leq 1$, sia per la singola sostanza che per il rischio cumulativo;
- per le sostanze cancerogene: $R \leq 10^{-6}$ per la singola sostanza e $RCUM \leq 10^{-5}$ per il rischio cumulativo.

7.2 Sondaggi geognostici con campionamento terreni ed integrazione della rete piezometrica;

Si propone di eseguire n° 9 sondaggi, profondi 30 metri, a carotaggio continuo secondo l'ubicazione riportata in Tavola 1, previo controllo di eventuali sottoservizi presenti al di sotto del piano campagna per mezzo di rilievi georadar.

I sondaggi effettuati mediante rotazione a carotaggio continuo, con recupero totale della carota di terreno attraversato, saranno eseguiti il più possibile a secco, in modo da eliminare il rischio di dilavamento dei materiali attraversati ed il conseguente rischio di inficiare la rappresentatività dei campioni di terreno prelevati.

Le operazioni di perforazione saranno eseguite secondo quanto previsto dalla normativa vigente, rispettando le seguenti modalità:

- impiego di scalpelli e corone di perforazione, carotieri e ogni altro utensile accuratamente puliti;
- impiego di rivestimenti provvisori, a sostegno delle pareti del foro, in materiale non alterabile chimicamente, infissi a rotazione, a bassa velocità e a secco;
- recupero delle carote dai carotieri senza l'uso di fluidi in pressione mediante percussione sul carotiere con un normale martello e con raccolta ordinata in apposite cassette catalogatrici pulite;
- controllo sistematico dell'assenza di perdite di oli lubrificanti e altre sostanze dai macchinari, dagli impianti e da tutte le attrezzature utilizzate durante il campionamento;
- decontaminazione del carotiere e delle aste tramite lavaggio con acqua.

Le carote di terreno estratte saranno posizionate in cassette catalogatrici identificate in modo univoco mediante:

- sigla sulla cassetta identificatrice del sondaggio eseguito;
- data di esecuzione del sondaggio;

- identificazione del tratto di sondaggio presente nella cassetta espresso in m dal p.c. (piano campagna).

Per ogni punto di indagine sarà ricostruita la sequenza stratigrafica di dettaglio, specificando, oltre alle caratteristiche stratigrafiche del terreno, il numero ed il tipo di campioni prelevati.

Ad ogni metro di perforazione verrà condotta, per mezzo di un fotoionizzatore portatile (PID), una valutazione della concentrazione di sostanze organiche volatili nello spazio di testa dei campioni di terreno.

L'analisi dello spazio di testa sarà condotta adottando la seguente procedura:

- riempimento con il terreno oggetto di analisi di un recipiente idoneo, per metà del volume disponibile;
- chiusura ermetica del recipiente;
- agitazione del recipiente per favorire la diffusione del gas contenuto in esso;
- successiva misura per mezzo del PID del contenuto di Composti Organici Volatili (COV) accumulatisi nello spazio di testa del recipiente.

Durante l'esecuzione dei sondaggi geognostici saranno prelevate le seguenti tipologie di campioni:

- campioni rimaneggiati, destinati all'analisi ambientale e all'acquisizione dei parametri per l'analisi di rischio;
- campioni indisturbati, per la determinazione dei principali parametri geotecnici del terreno.

Nei paragrafi seguenti vengono descritte nel dettaglio le attività di campionamento condotte sui terreni.

7.2.1 Prelievo campioni per analisi ambientali

Nel corso dell'esecuzione dei sondaggi saranno prelevati campioni di terreno da sottoporre ad analisi di caratterizzazione ambientale ai sensi del D.Lgs 152/06 e s.m.i..

Da ciascun sondaggio saranno prelevati mediamente tra i 2 e i 6 campioni di terreno, suddivisi secondo la seguente modalità:

- uno entro il primo metro, all'interno dello strato di terreno di riporto;
- uno nel metro successivo alla base dello strato di riporto;
- in corrispondenza di evidenze organolettiche di contaminazione;
- in corrispondenza di elevate concentrazioni di COV rilevate durante l'esecuzione del test dello spazio di testa;

Il campionamento dei terreni verrà effettuato adottando le seguenti procedure:

- campioni per analisi componenti non volatili: vagliatura preliminare in campo a 2 cm e suddivisione del materiale prelevato in più porzioni previa omogeneizzazione, al fine di ottenere aliquote di campioni significative e rappresentative. Le frazioni selezionate sono state introdotte in 2 barattoli in vetro da 500 g (di cui uno di scorta) e contrassegnati esternamente con un codice identificativo del punto di prelievo e della data di prelievo;
- campioni per analisi componenti volatili: decorticazione della porzione superficiale della carota e prelievo di materiale proveniente dal "cuore". Ogni aliquota verrà introdotta all'interno contenitori in vetro ermetici, riposti in frigoriferi portatili e mantenuti ad una temperatura di 4 °C fino al recapito in laboratorio.

I campioni di terreno prelevati verranno inviati al laboratorio di analisi, per essere sottoposti a caratterizzazione ai sensi del D.Lgs 152/06 e s.m.i. finalizzata alla determinazione dei seguenti parametri:

- scheletro;
- umidità;
- composti organici aromatici (BTEX);
- composti alifatici alogenati cancerogeni;
- composti alifatici clorurati cancerogeni e non cancerogeni;

- idrocarburi leggeri ($C < 12$) e pesanti ($C > 12$).

7.2.2 Campioni per prove di laboratorio geotecniche

Durante l'esecuzione dei sondaggi a carotaggio continuo, verranno prelevati indicativamente n°9 campioni di terreno indisturbati per mezzo di fustelle Shelby secondo le profondità che verranno scelte dal geologo in sito in base alla stratigrafia riscontrata in avanzamento del sondaggio.

I campioni saranno inviati al laboratorio e sottoposti alle seguenti l'analisi:

- analisi granulometrica;
- valutazione caratteristiche fisiche e volumetriche;
- valutazione limiti di Atterberg;
- prova di permeabilità;
- prova edometrica;
- prova di taglio diretto.

7.2.3 Campioni per ADR

Ai fini dell'elaborazione dell'analisi di rischio ai sensi del D. Lgs. 152/2006, verranno prelevati indicativamente n°12 campioni di terreno disturbato in corrispondenza di porzioni di terreno caratterizzate da:

- cambi litologici;
- evidenze organolettiche;
- valori elevati rilevati dal fotoionizzatore portatile (PID);
- presenza/assenza della falda.

I campioni saranno introdotti all'interno di sacchetti di PE, contrassegnati esternamente con un codice al laboratorio di analisi per la determinazione dei seguenti parametri:

- scheletro;

- analisi granulometrica;
- pH in acqua;
- frazione di carbonio organico (FOC);
- densità;
- Kd.

7.2.4 Installazioni dei piezometri

Tutti i fori dei sondaggi saranno attrezzati a piezometro mediante l'installazione di un tubo in PVC avente diametro di 3". Lo spazio anulare tra il tubo in PVC e la parete del foro verrà riempito con filtro drenante in ghiaietto siliceo calibrato nel tratto fenestrato e pellets di bentonite nel tratto cieco; il tratto fenestrato sarà esteso a partire da 1 m di profondità dal p.c. fino a fondo foro o al raggiungimento del livello inferiore dell'acquifero.

I pozzi di monitoraggio verranno completati:

- tappo a tenuta,
- lamierino lucchettabile
- chiusino carrabile,

ad eccezione di quelli ubicati in area verde i quali saranno completati con lamierino fuori terra lucchettabile a protezione della tubazione installata.

Al termine dell'installazione, i pozzi di monitoraggio saranno spurgati mediante pompa sommersa fino alla completa chiarificazione delle acque. Le acque di spurgo verranno raccolte in cisternette per la successiva gestione come rifiuto.

7.2.5 Rilievo topografico piezometri

L'obiettivo principale è la determinazione delle quote assolute delle teste di misura, intese come punti di riferimento dai quali vengono eseguite le letture del livello piezometrico.

Il rilievo deve comprendere sia i piezometri di nuova realizzazione sia quelli già esistenti e ricompresi nella rete di monitoraggio.

La quota della testa deve essere misurata sul punto fisico dal quale viene abbassato il freatimetro o il sensore di pressione, con una precisione di misura non inferiore a ± 1 mm. Nel rapporto di rilievo devono essere indicati esplicitamente il punto di misura fisico adottato, la descrizione dello strumento e la correzione eventualmente applicata rispetto al bordo superiore del tubo.

7.3 Indagini direct-push

Dall'aggiornamento del Modello geologico ed idrogeologico finora condotto è risultato come il complesso idrogeologico sia caratterizzato dalla presenza di più falde multistrato intercettate localmente in corrispondenza degli orizzonti semi-permeabili (limi sabbioso-argillosi).

Inoltre l'elevata discontinuità laterale e verticale dei livelli a differente permeabilità non consente di distinguere le varie falde sovrapposte, il cui comportamento è quindi assimilabile a quello di un unico corpo idrico con deflusso sotterraneo unitario.

Al fine di fornire tutte le informazioni utili alla successiva fase di progettazione delle opere volte al contenimento della dispersione dei contaminanti, appare indispensabile approfondire la distribuzione verticale ed areale sia dei contaminati che dei diversi livelli con caratteristiche idrogeologiche e geotecniche differenti e nel contempo verificare la continuità del livello basale dell'acquifero fin ora individuato.

7.3.1 Direct-push MIP-HPT-EC

Le indagini ambientali con tecnologia MIP-HPT-EC (Membrane Interface Probe – Hydraulic Profiling Tool – Electrical Conductivity) rappresentano una delle metodologie più avanzate e integrate per la caratterizzazione rapida e dettagliata del sottosuolo in siti potenzialmente contaminati (**Allegato 7**).

Questa tecnologia, appartenente alla famiglia delle Direct Push Technology (DPT), consente di acquisire simultaneamente, in un'unica discesa strumentale, tre profili distinti ma complementari, restituendo un quadro conoscitivo di elevata risoluzione senza la necessità di prelievo e analisi tradizionale dei campioni.

MIP – Membrane Interface Probe

La sonda MIP è progettata per il rilevamento in continuo di composti organici volatili (VOC) presenti nel suolo e nelle acque sotterranee. Il principio di funzionamento si basa su una membrana semipermeabile riscaldata, posizionata sulla superficie della sonda, attraverso la quale i composti volatili migrano per diffusione termica verso un flusso di gas carrier. I composti trasferiti vengono quindi convogliati in superficie e analizzati da uno o più rivelatori, tipicamente:

- PID (Photo Ionization Detector) – altamente sensibile agli idrocarburi aromatici e ai solventi clorurati;
- FID (Flame Ionization Detector) – indicato per idrocarburi alifatici e composti organici totali;
- XSD (Halogen Specific Detector) – specifico per composti alogenati, quali i solventi clorurati (es. PCE, TCE e loro prodotti di degradazione).

Il risultato è un profilo verticale continuo di contaminazione, aggiornato in tempo reale metro per metro, che permette di identificare con precisione le zone sorgente, i livelli stratigrafici interessati dalla presenza di inquinante e l'eventuale struttura della contaminazione (es. fase libera, fase disciolta, zona vadosa).

HPT – Hydraulic Profiling Tool

Il modulo HPT consente la misurazione in continuo della resistenza idraulica del terreno durante la penetrazione della sonda. Attraverso l'iniezione di acqua a portata costante e la misura della pressione di iniezione necessaria, è possibile stimare la conducibilità idraulica relativa delle formazioni attraversate.

I dati HPT permettono di:

- ricostruire la stratigrafia idrogeologica del sottosuolo, distinguendo livelli permeabili (sabbie, ghiaie) da livelli a bassa permeabilità (limi, argille);
- individuare gli orizzonti acquiferi preferenziali e i percorsi di flusso della falda;

- correlare la distribuzione del contaminante (MIP) con la struttura idraulica del sottosuolo, identificando le vie di migrazione preferenziale dei contaminanti.

EC – Electrical Conductivity

Il sensore di conducibilità elettrica misura in continuo le proprietà elettriche del terreno, consentendo una caratterizzazione litologica dettagliata basata sulla risposta geoelettrica dei materiali. I sedimenti fini a grana argilloso-limosa presentano valori di EC elevati, mentre i depositi grossolani sabbiosi e ghiaiosi mostrano valori più bassi.

Il profilo EC, integrato con i dati MIP e HPT, contribuisce a:

- definire con maggiore accuratezza la stratigrafia del sottosuolo;
- correlare i livelli contaminati con la natura litologica delle formazioni;
- distinguere anomalie di conducibilità attribuibili alla presenza di contaminanti ionici rispetto alla matrice naturale.

Integrazione e vantaggi della tecnologia

L'approccio integrato MIP-HPT-EC offre alcuni vantaggi rispetto alle metodologie tradizionali di indagine:

- Rapidità di acquisizione: in una sola giornata operativa è possibile eseguire più sondaggi, con profili continui fino a 30–40 metri di profondità;
- Alta risoluzione spaziale: i dati vengono acquisiti ogni 2–5 cm di avanzamento, garantendo una risoluzione verticale impensabile con i metodi convenzionali;
- Minimizzazione della produzione di rifiuti: l'assenza di prelievo di carote e la ridotta invasività del sistema limitano drasticamente la generazione di materiale da smaltire;

7.3.2 Direct-push CPTU

La prova con piezocono (CPTU – *Cone Penetration Test with pore water pressure measurement*) ha la capacità di restituire profili stratigrafici e geomeccanici ad alta risoluzione,

La prova CPTU consiste nella penetrazione a velocità costante — convenzionalmente fissata a 20 mm/s secondo gli standard internazionali (ISO 22476-1, ASTM D5778) — di una sonda strumentata, denominata piezocono, all'interno del terreno. La sonda viene spinta mediante un sistema di contrasto (generalmente un camion appesantito o un sistema di ancoraggio al suolo) attraverso aste rigide collegate a un gruppo di spinta idraulico.

Durante l'avanzamento, il piezocono acquisisce in continuo, con frequenza di campionamento tipicamente ogni 1–5 cm, tre grandezze fondamentali:

- q_c – *resistenza alla punta* (MPa): forza per unità di area agente sulla punta conica (angolo di apertura 60°, diametro standard 35,7 mm, area 10 cm²), indicativa della resistenza meccanica del terreno;
- f_s – *resistenza laterale per attrito* (kPa): forza di attrito unitaria misurata sul manicotto di frizione (area standard 150 cm²), posta immediatamente al di sopra della punta;
- u_2 – *pressione dei pori* (kPa): pressione interstiziale misurata in posizione u_2 (spalla della punta), tramite un filtro poroso saturo collegato a un trasduttore di pressione.

A partire dalle misure dirette, vengono calcolati in post-elaborazione i parametri geotecnici derivati di maggiore rilevanza interpretativa.

Il profilo continuo dei parametri CPTU consente di ricostruire con elevata risoluzione la sequenza stratigrafica del sottosuolo, identificando e distinguendo le diverse unità litologiche attraversate. In linea generale:

- terreni granulari (sabbie, ghiaie): alti valori di q_t , bassi valori di R_f , pressioni dei pori prossime ai valori idrostatici o negative (comportamento drenato);

- terreni coesivi (argille, limi argillosi): bassi valori di q_t , alti valori di R_f , sovrappressioni dei pori positive e significative (comportamento non drenato);
- terreni misti e transizionali (limi, limi sabbiosi): valori intermedi con risposta variabile, spesso identificabili attraverso il parametro Bq e i diagrammi SBTn.

L'interpretazione dei dati CPTU, attraverso correlazioni empiriche validate dalla letteratura tecnico-scientifica internazionale, consente di stimare una vasta gamma di parametri geotecnici di importanza progettuale.

7.4 Ricognizione della rete dei sottoservizi del sito

La ricerca, l'identificazione e la mappatura dei sottoservizi interrati (reti idriche, fognarie, del gas, elettriche, di telecomunicazione, cavidotti e condotte di varia natura) costituisce una fase imprescindibile per la caratterizzazione del sottosuolo in ambito industriale.

Le metodologie disponibili per la ricerca dei sottoservizi spaziano da tecniche tradizionali documentali e strumentali a sofisticate indagini geofisiche non invasive, spesso integrate tra loro per massimizzare la completezza e l'affidabilità del quadro conoscitivo acquisito.

7.4.1 Fase Documentale e Ricognitiva

Prima di qualsiasi attività strumentale sul campo, è buona pratica condurre un'accurata fase di raccolta documentale. È fondamentale sottolineare che tali documenti presentano frequentemente lacune, imprecisioni e aggiornamenti incompleti, rendendo indispensabile la successiva verifica strumentale in campo. La fase documentale costituisce pertanto un elemento orientativo e non sostitutivo delle indagini dirette.

7.4.2 Rilevatori Elettromagnetici a Induzione (RD – Radio Detection)

I rilevatori elettromagnetici rappresentano la tecnica strumentale più consolidata e diffusa per la localizzazione di condotte e cavi interrati metallici e conduttivi. Il principio fisico alla base è quello dell'induzione elettromagnetica: un segnale in radiofrequenza viene applicato alla condotta (direttamente

tramite connessione galvanica o induttivamente tramite bobina di accoppiamento), e il campo magnetico risultante viene rilevato in superficie da un ricevitore portatile.

Le modalità operative principali sono:

- Modalità attiva diretta: il trasmettitore viene collegato direttamente al servizio da tracciare, garantendo il massimo segnale e la minima ambiguità di interpretazione;
- Modalità attiva induttiva: la bobina trasmittente viene posizionata sopra il terreno in corrispondenza del percorso stimato del servizio, inducendo una corrente nella condotta senza necessità di contatto diretto;
- Modalità passiva: il ricevitore rileva i campi elettromagnetici naturalmente presenti (emissioni di rete a 50 Hz, segnali di radiofrequenza) irradiati da cavi in tensione o da condotte percorse da correnti disperse.

Questi strumenti forniscono informazioni su tracciato planimetrico e profondità della condotta, con accuratezza variabile in funzione delle condizioni del sito, della profondità del servizio e dell'eventuale presenza di interferenze da altri servizi adiacenti. La tecnica è efficace per condotte metalliche (acciaio, ghisa, rame) e cavi elettrici e di telecomunicazione, ma risulta inapplicabile a condotte non conduttive (PVC, PEAD, gres, cemento).

7.4.3 Tracciatura con Sonde Radiotrasmittenti (Sonde Sonda)

Per la localizzazione di condotte non metalliche (tubazioni in plastica, cunicoli, fognature in cls o gres), si ricorre all'impiego di sonde radiotrasmittenti (anche dette *sondes* o *traccianti elettronici*), introdotte all'interno della condotta tramite pozzetti di ispezione o bocchette di accesso. La sonda trasmette un segnale elettromagnetico a frequenza prestabilita, che viene rilevato in superficie dal ricevitore, consentendo di seguire il percorso della condotta e determinarne la profondità.

7.4.4 Metodi Geofisici Non Invasivi

Le tecniche geofisiche non invasive consentono di investigare il sottosuolo in modo sistematico e areale, senza necessità di scavo, identificando anomalie fisiche riconducibili alla presenza di strutture interrato, cavità, condotte e interfacce stratigrafiche.

Il GPR (*Ground Penetrating Radar*, o georadar) è la tecnica geofisica più ampiamente utilizzata per la ricerca dei sottoservizi e rappresenta oggi lo standard di riferimento nel settore. Il metodo si basa sulla propagazione di impulsi elettromagnetici ad alta frequenza (tipicamente compresi tra 100 MHz e 2,6 GHz) nel sottosuolo: quando l'onda incontra un'interfaccia tra materiali con diverse costanti dielettriche (es. condotta/terreno, vuoto/terreno, acqua/terreno), una porzione dell'energia viene riflessa verso la superficie, dove viene registrata dall'antenna ricevente.

Il risultato è un radargramma, ovvero una sezione bidimensionale profondità-distanza che mostra le riflessioni generate dalle strutture sepolte. Le condotte, sia metalliche che non metalliche, generano tipicamente una caratteristica riflessione iperbolica, la cui curvatura dipende dalla velocità di propagazione dell'onda nel terreno e dalla profondità dell'oggetto.

I principali parametri operativi sono:

- Frequenza dell'antenna: frequenze più basse (100–250 MHz) garantiscono maggiore profondità di investigazione (fino a 5–10 m) ma minore risoluzione; frequenze più alte (500 MHz–2,6 GHz) offrono alta risoluzione verticale (pochi cm) ma profondità limitate (1–2 m), adatte all'ispezione di pavimentazioni e strati superficiali;
- Passo di acquisizione: la spaziatura tra i profili paralleli determina la risoluzione planimetrica dell'indagine;
- Velocità di propagazione: la stima della velocità dielettrica del terreno (ricavabile da iperboli di riflessione o da prove di calibrazione) è fondamentale per la corretta conversione tempo-profondità.

Il GPR è efficace su condotte metalliche e non metalliche, cavi elettrici, cavidotti vuoti o riempiti, ed è particolarmente performante in terreni a bassa conducibilità elettrica (sabbie asciutte, ghiaie). Le prestazioni si riducono

significativamente in presenza di terreni argillosi, saturi o ricchi di cloruri, che attenuano fortemente il segnale elettromagnetico.

Le moderne acquisizioni multi-canale e i sistemi array GPR consentono la copertura rapida di aree estese con elevata densità di profili, restituendo volumi tridimensionali del sottosuolo e mappe orizzontali a diverse profondità (*depth slices*), di grande efficacia interpretativa.

7.4.5 Restituzione dei Risultati e Georeferenziazione

L'output finale delle indagini per la ricerca dei sottoservizi è costituito da elaborati cartografici georeferenziati in sistema di riferimento ufficiale (WGS84/UTM o sistema catastale nazionale), che riportano:

- il tracciato planimetrico dei servizi identificati, con indicazione della tipologia e del gestore;
- la profondità di ciascun servizio rilevato, con relativa incertezza di misura;
- una relazione tecnica descrittiva delle metodologie impiegate, delle condizioni operative, delle limitazioni dell'indagine e della classificazione qualitativa dell'affidabilità dell'identificazione.

7.5 Campagna di monitoraggio delle acque sotterranee

Al fine di aggiornare il quadro di contaminazione al nuovo T0 e completare il quadro conoscitivo con le informazioni analitiche ottenibili dalla rete di monitoraggio piezometrica integrata, si propone di effettuare una campagna di monitoraggio delle acque di falda.

7.5.1 Ubicazione e descrizione dei punti di monitoraggio

Si prevede di effettuare il prelievo delle acque dalla rete di monitoraggio indicata in **Tavola X**, costituita da 28 punti di monitoraggio:

- 8 piezometri di nuova realizzazione (PP1-8)
- 15 piezometri superficiali: 11, 14, 18, 22, PS5 (ex 30), 31, PS3 (ex 35), PS1 (ex MW2), PS2 (ex MW6), PS6 (ex MW3), PS4 (ex MW4), MW11, MW5, MW1 e SS;

- 5 piezometri profondi: DW1, DW2, DW3, PP1 (ex DW4) e PP2;

7.5.2 Modalità di campionamento delle acque di falda

Per ciascun piezometro, le attività di monitoraggio saranno svolte secondo il seguente protocollo operativo:

- 1) Apertura del chiusino e verifica dell'integrità dei presidi di sicurezza;
- 2) Misura della soggiacenza;
- 3) Spurgo (a bassa portata, per non perturbare eccessivamente l'acquifero) di almeno tre volumi dai punti di campionamento (pozzi o piezometri); Lo spurgo potrà essere eseguito nei giorni precedenti al campionamento, al fine di garantire una completa ricarica dei piezometri, coerentemente alla metodologia applicata nelle campagne di monitoraggio nell'adiacente sito ex-Liquichimica.
- 4) Campionamento a basso flusso ed a stabilizzazione dei parametri, comprensivo di:
 - a. misura dei parametri chimico fisici di campo mediante multiparametrica:
 - pH; Cond. Elettrica; Temperatura; Ossigeno Disciolto, Potenziale Redox;
 - b. alla stabilizzazione dei parametri sopra indicati, regolazione della portata e prelievo di campioni di acqua di falda con le seguenti aliquote:
 - 2 bottiglie da 1 litro in vetro per l'analisi degli idrocarburi;
 - 2 vials da 40 ml per l'analisi degli idrocarburi alifatici clorurati cancerogeni e non cancerogeni, mediante GC/MS e tecnica di estrazione/concentrazione purge and trap.

I campioni così prelevati saranno opportunamente etichettati riportando il nome del piezometro e la data di campionamento.

Al termine del campionamento di ciascun piezometro si provvederà ad effettuare la decontaminazione della strumentazione mediante bagno addizionato con detergente non schiumogeno e successivo risciacquo.

Le acque emunte, sia per le attività di spurgo che durante le operazioni di campionamento dei piezometri, verranno raccolte in una cisterna all'interno del perimetro del sito ed avviate a smaltimento, previa caratterizzazione ed attribuzione del codice EER.

7.5.3 Analisi chimiche

I campioni d'acqua prelevati, conservati a bassa temperatura mediante frigo box portatili, verranno inviati al laboratorio di analisi accreditato ACCREDIA per la determinazione dei seguenti parametri:

- idrocarburi totali
- idrocarburi alifatici clorurati cancerogeni e non cancerogeni;

Per quanto riguarda la determinazione degli idrocarburi totali, dall'esperienza maturata nel monitoraggio dell'area ex Liquichimica e dai confronti con ArpaB, si è riscontrato che nella determinazione della frazione volatile degli idrocarburi, secondo quanto previsto dalla Linea Guida ISPRA 123/2015, quindi in GC-FID, il fatto di integrare complessivamente tutti i picchi compresi tra i tempi di ritenzione del 2-Metilpentano e il n-decano (Punto 5.5.2 della Linea Guida) determina che in tale conteggio risultano comprese anche le quantificazioni del cis 1-2 Dicloroetilene e del Tricloroetilene. (**Allegato 8**)

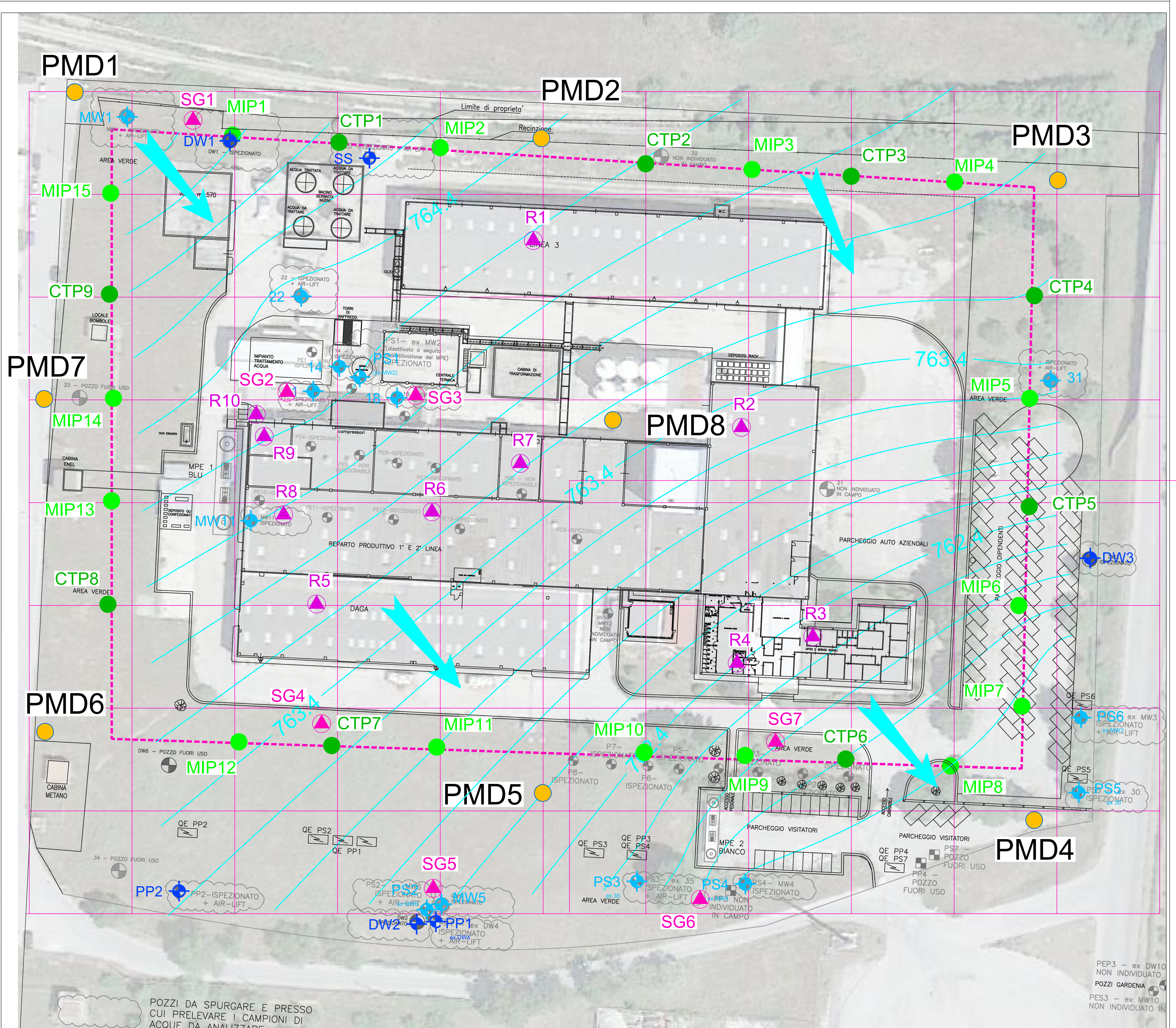
Occorre però sottolineare come nello stesso punto della Linea Guida è indicata la necessità di individuare la possibile presenza di alcuni potenziali interferenti non Idrocarburi (vedi Alchileteri) che potrebbero sovrastimare la quantificazione, di calcolarne l'area e di detrarre tale area dal valore finale dell'area calcolata nell'intervallo C6-C10.

Inoltre, come dimostrato dalla parallela quantificazione dei picchi di cis 1-2 Dicloroetilene e Tricloroetilene effettuata in GC-MS/SIM e GC-FID con n-Esano, emerge chiaramente come la quantificazione dei due picchi di cis 1-2 Dicloroetilene e del Tricloroetilene risultano essere assolutamente sottostimate alle concentrazioni significative (>10 µg/l) a causa del diverso fattore di risposta

che al GC-FID hanno, a parità di concentrazione gli Idrocarburi (n-Esano) e gli Idrocarburi Alogenati (cis 1-2 Dicloroetilene e Tricloroetilene).

Ne consegue che, vista l'evidente interferenza rappresentata dalla presenza con concentrazioni significative, spesso maggiori di 100 µg/l di alcuni Idrocarburi Alogenati (nello specifico cis 1-2 Dicloroetilene e Tricloroetilene), per poter pervenire ad una corretta quantificazione della frazione volatile degli Idrocarburi si propone di procedere seguendo due possibili alternative:

- Seguendo, quanto previsto nella Linea Guida ISPRA per escludere l'eventuale incidenza di interferenti nella determinazione finale, individuare i tempi di ritenzione cromatografica del cis 1-2 Dicloroetilene e del Tricloroetilene, calcolare l'area dei singoli picchi e detrarre tali valori dal valore complessivo di area ottenuta integrando l'intervallo C6-C10;
- Applicando la Norma UNI EN ISO 15680:2005 (GC-MS) quantificare in TIC, utilizzando come standard il n-Esano e dopo averli specati qualitativamente, i contributi reali dei singoli Idrocarburi. Il valore finale degli Idrocarburi volatili C6-C10 sarà determinato dalla Σ dei singoli contributi.



N

0510152025

SCALA 1:500

Indagini proposte

PMD_x

MIP_x

CTP_x

SG_x

R_x

Sondaggi a carotaggio continuo, attrezzati a piezometro

Indagini Direct push MIP-HPT-EC

Indagini Direct push CPTU

Flux chamber

Campionatori passivi tipo Radiello

Perimetro esterno delle aree che sono state utilizzate a scopo produttivo

Cella di riferimento di lato 25x25 m

Andamento piezometrico (m s.l.m.) settembre 2025

Direzione di deflusso della falda

Piezometri superficiali

Piezometri profondi

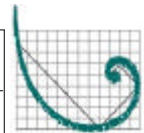
Allegato 3

Certificati stratigrafici dei sondaggi del Piano della Caratterizzazione 2005

Città di Tito
CUP: G21L23000420001
Piano delle indagini integrative di caratterizzazione nell'area ex Daramic
R26-04-60 – aprile 2026

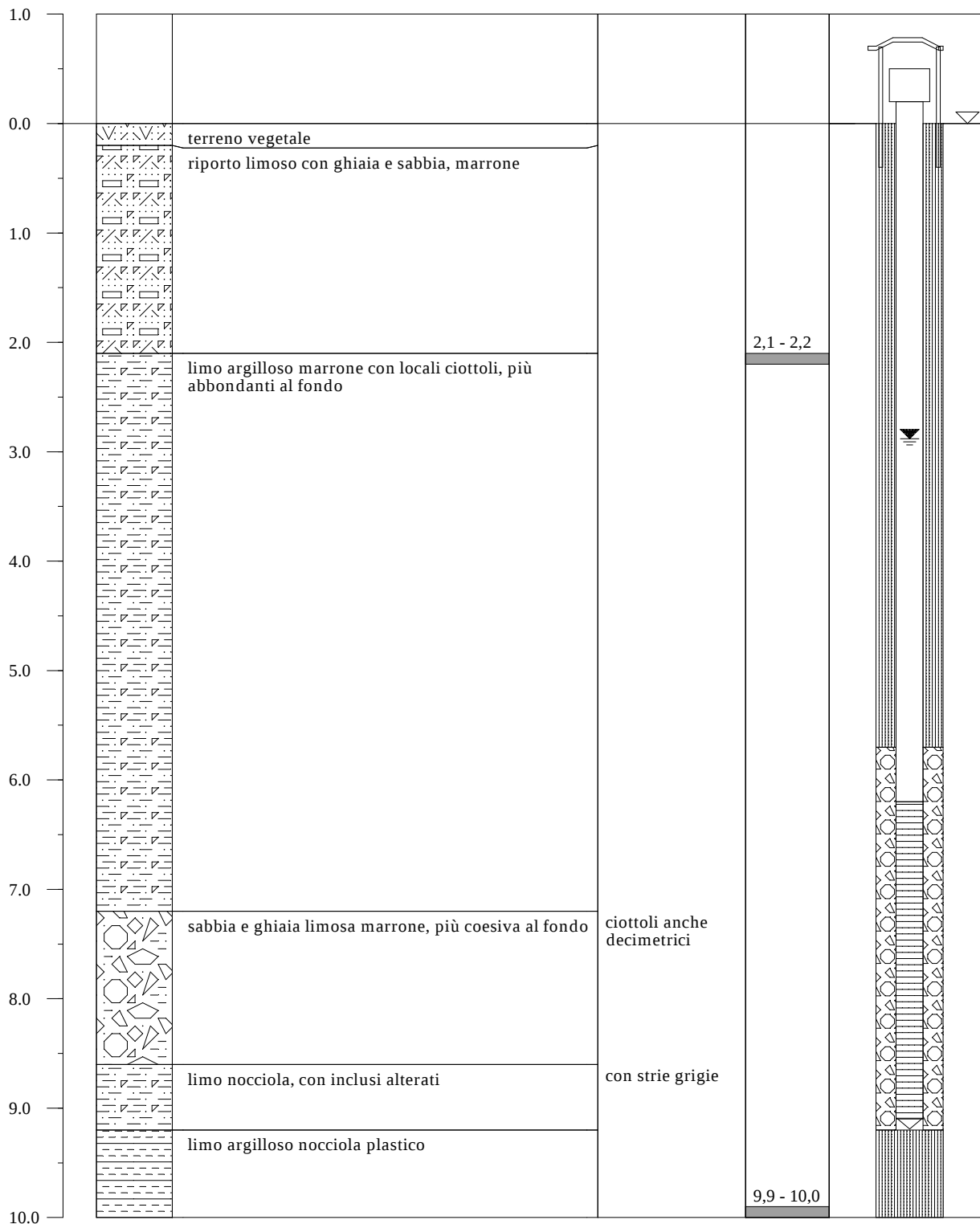
Piezometro: MW1

Progetto	0022367	Metodo di perforazione	Carotaggio Continuo
Cliente	DARAMIC	Società esecutrice	Geodynamic
Località	Tito scalo (Pz)	Diametro perforazione (mm)	200
Data	13/9/04	Diametro tubazione (")	4
Rilevatore	Giorgio Barozza	Profondità (m da p.c.)	10
Latitudine	4.495.138 N	Quota p.c. (m s.l.m.)	768,75
Longitudine	2.580.828 E	Quota b.p. (m s.l.m.)	768,82



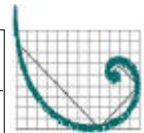
ERM Italia s.r.l.
 Via San Gregorio 38
 20124 Milano
 tel. 02 / 674401
 fax 02 / 67078382
 Via Vercelli 2
 00182 Roma
 tel. 06 / 7024390
 fax 06 / 7024391
 info.italy@erm.com

Profondità	Litologia	Descrizione	Note	Campioni	Schema piezometro
------------	-----------	-------------	------	----------	-------------------



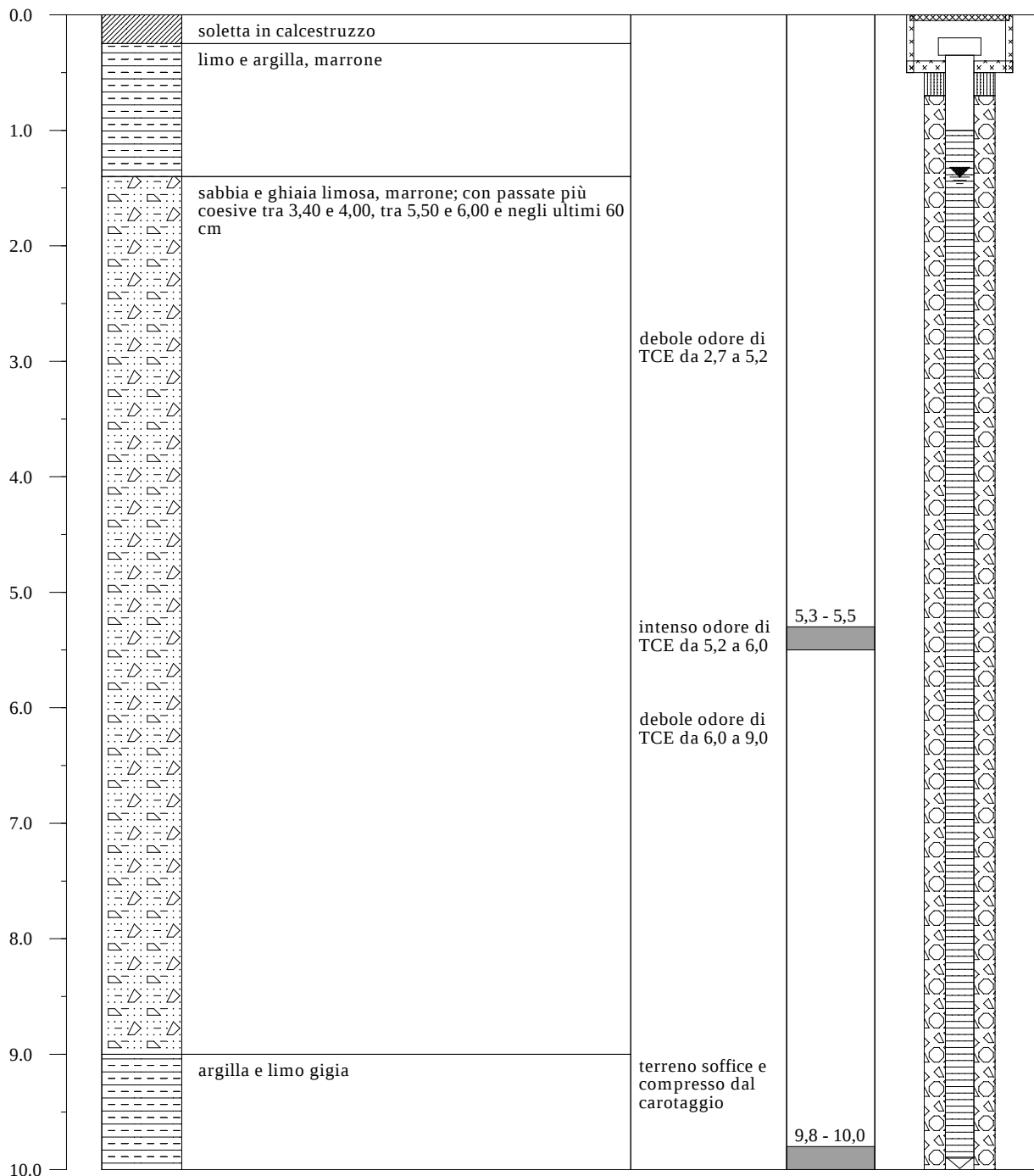
Piezometro: MW2

Progetto	0022367	Metodo di perforazione	Carotaggio Continuo
Cliente	DARAMIC	Società esecutrice	Geodynamic
Località	Tito scalo (Pz)	Diametro perforazione (mm)	200
Data	14/9/04	Diametro tubazione (")	4
Rilevatore	Giorgio Barozza	Profondità (m da p.c.)	10
Latitudine	4.495.073 N	Quota p.c. (m s.l.m.)	766,25
Longitudine	2.580.881 E	Quota b.p. (m s.l.m.)	766,15



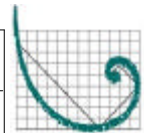
ERM Italia s.r.l.
 Via San Gregorio 38
 20124 Milano
 tel. 02 / 674401
 fax 02 / 67078382
 Via Vercelli 2
 00182 Roma
 tel. 06 / 7024390
 fax 06 / 7024391
 info.italy@erm.com

Profondità	Litologia	Descrizione	Note	Campioni	Schema piezometro
------------	-----------	-------------	------	----------	-------------------



Piezometro: MW3

Progetto	0022367	Metodo di perforazione	Carotaggio Continuo
Cliente	DARAMIC	Società esecutrice	Geodynamic
Località	Tito scalo (Pz)	Diametro perforazione (mm)	200
Data	13/9/04	Diametro tubazione (")	4
Rilevatore	Giorgio Barozza	Profondità (m da p.c.)	11
Latitudine	4.495.000 N	Quota p.c. (m s.l.m.)	764,65
Longitudine	2.581.052 E	Quota b.p. (m s.l.m.)	764,45

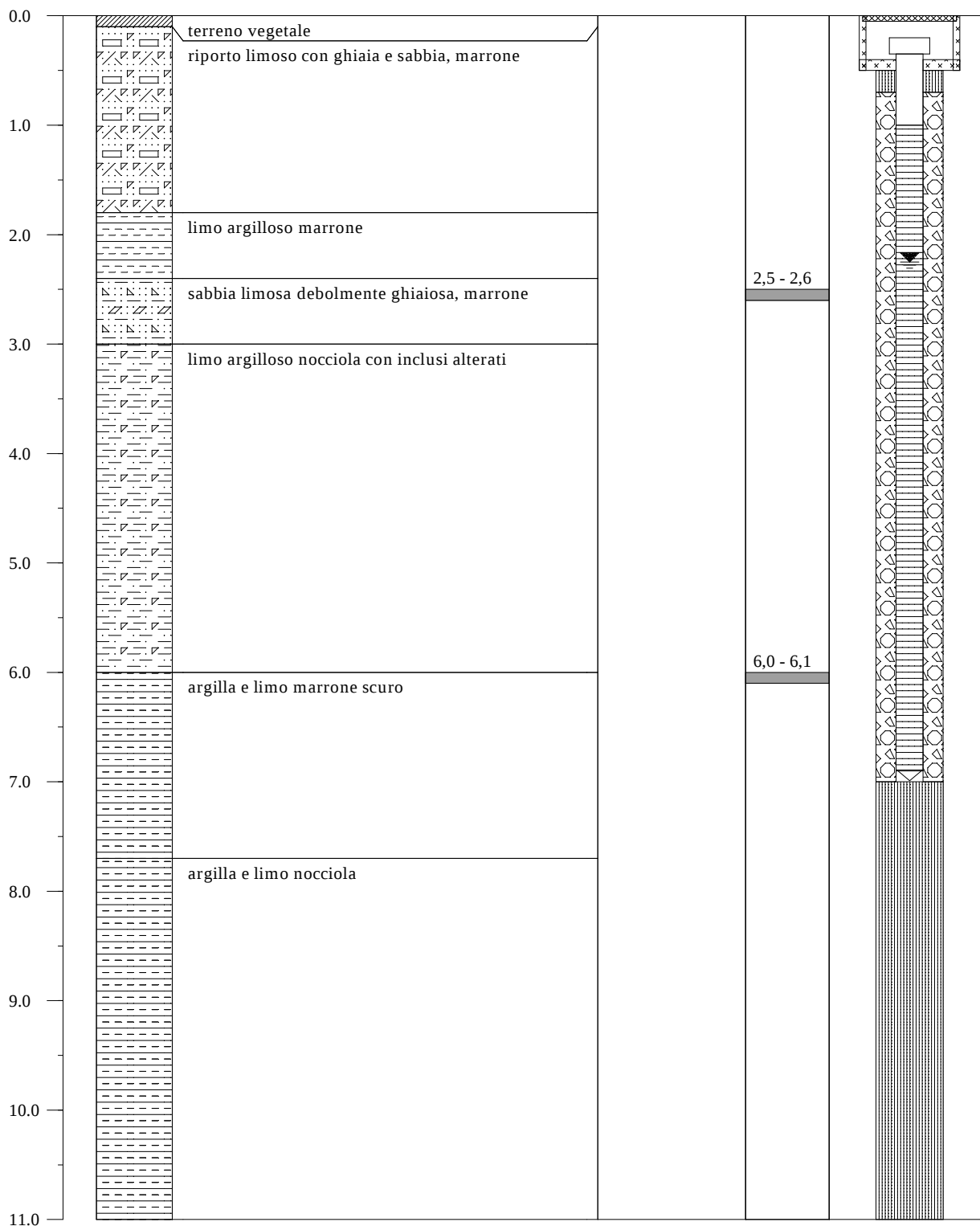


ERM

ERM Italia s.r.l.
Via San Gregorio 38
20124 Milano
tel. 02 / 674401
fax 02 / 67078382

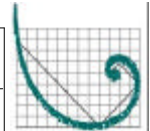
Via Vercelli 2
00182 Roma
tel. 06 / 7024390
fax 06 / 7024391
info.italy@erm.com

Profondità	Litologia	Descrizione	Note	Campioni	Schema piezometro
------------	-----------	-------------	------	----------	-------------------



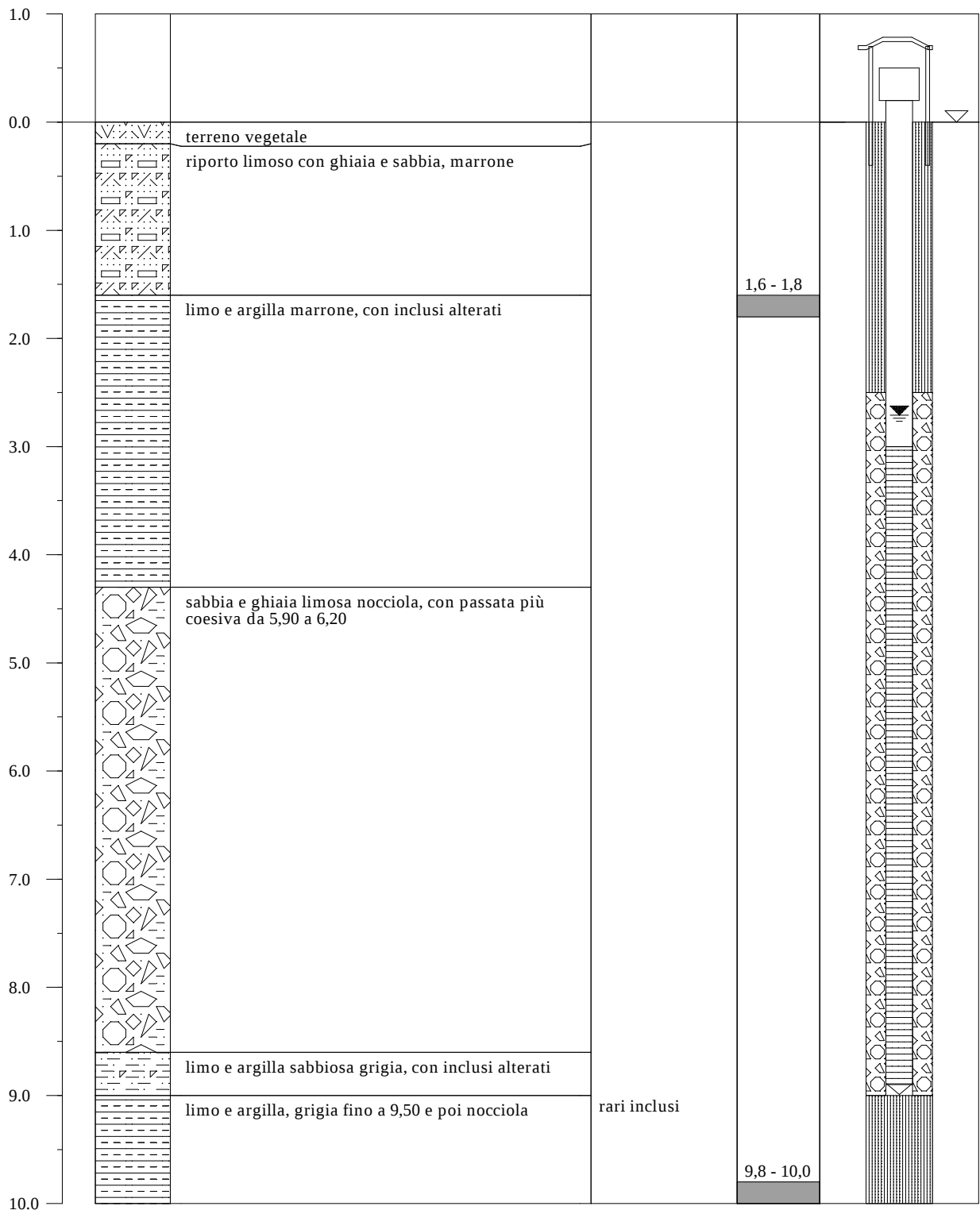
Piezometro: MW4

Progetto	0022367	Metodo di perforazione	Carotaggio Continuo
Cliente	DARAMIC	Società esecutrice	Geodynamic
Località	Tito scalo (Pz)	Diametro perforazione (mm)	200
Data	14/9/04	Diametro tubazione (")	4
Rilevatore	Giorgio Barozza	Profondità (m da p.c.)	10
Latitudine	4.494.948 N	Quota p.c. (m s.l.m.)	758,38
Longitudine	2.580.969 E	Quota b.p. (m s.l.m.)	764,81



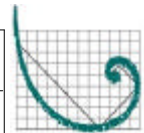
ERM Italia s.r.l.
 Via San Gregorio 38
 20124 Milano
 tel. 02 / 674401
 fax 02 / 67078382
 Via Vercelli 2
 00182 Roma
 tel. 06 / 7024390
 fax 06 / 7024391
 info.italy@erm.com

Profondità	Litologia	Descrizione	Note	Campioni	Schema piezometro
------------	-----------	-------------	------	----------	-------------------



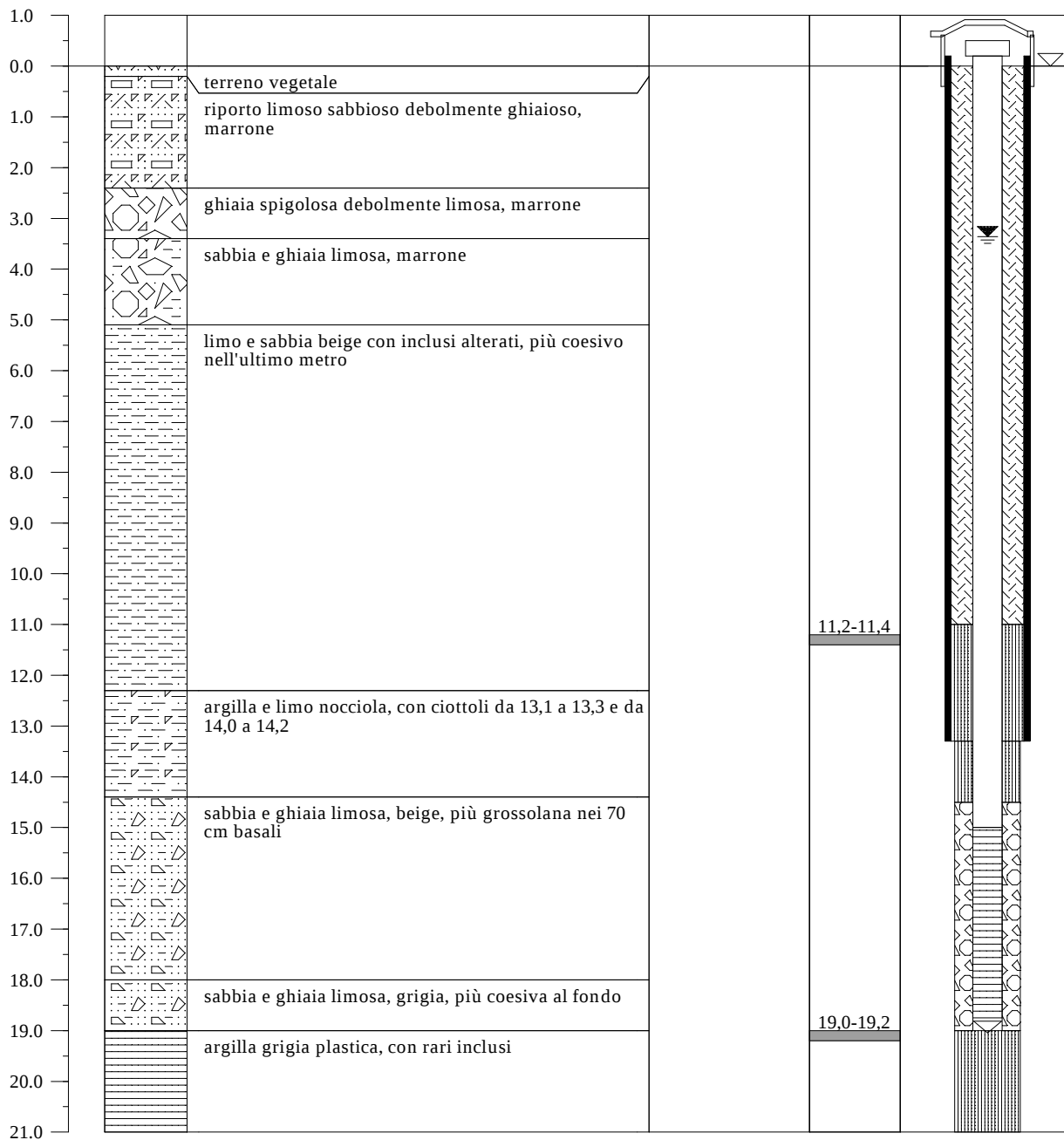
Piezometro: DW1

Progetto	0022367	Metodo di perforazione	Carotaggio Continuo
Cliente	DARAMIC	Società esecutrice	Geodynamic
Località	Tito scalo (Pz)	Diametro perforazione (mm)	178 fino a 13,3 m, poi 140
Data	24 - 26/11/04	Diametro tubazione (")	3
Rilevatore	Giorgio Barozza	Profondità (m da p.c.)	21
Latitudine	4.495.132 N	Quota p.c. (m s.l.m.)	768,02
Longitudine	2.580.850 E	Quota b.p. (m s.l.m.)	768,26



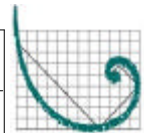
ERM Italia s.r.l.
 Via San Gregorio 38
 20124 Milano
 tel. 02 / 674401
 fax 02 / 67078382
 Via Vercelli 2
 00182 Roma
 tel. 06 / 7024390
 fax 06 / 7024391
 info.italy@erm.com

Profondità	Litologia	Descrizione	Note	Campioni	Schema piezometro
------------	-----------	-------------	------	----------	-------------------



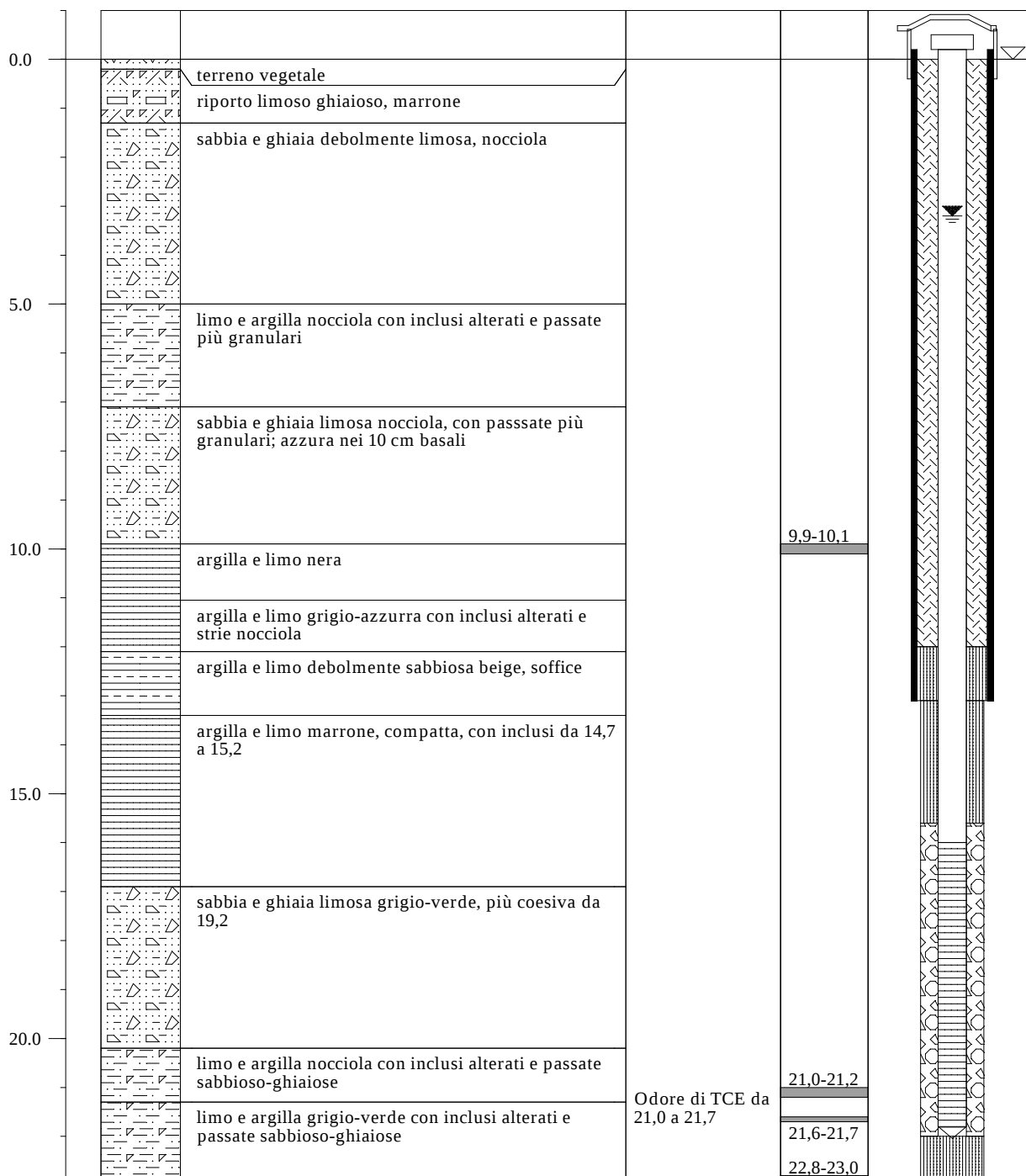
Piezometro: DW2

Progetto	0022367	Metodo di perforazione	Carotaggio Continuo
Cliente	Daramic s.r.l.	Società esecutrice	Geodynamic
Località	Tito scalo (Pz)	Diametro perforazione (mm)	178 fino a 13,1 m, poi 140
Data	29 - 30/11/04	Diametro tubazione (")	3
Rilevatore	Giorgio Barozza	Profondità (m da p.c.)	23,0
Latitudine	4.494.946 N	Quota p.c. (m s.l.m.)	765,42
Longitudine	2.580.901 E	Quota b.p. (m s.l.m.)	765,78



ERM Italia s.r.l.
 Via San Gregorio 38
 20124 Milano
 tel. 02 / 674401
 fax 02 / 67078382
 Via Galilei 45
 00185 Roma
 tel. 06 / 77401411
 fax 06 / 77250300
 info.italy@erm.com

Profondità	Litologia	Descrizione	Note	Campioni	Schema piezometro
------------	-----------	-------------	------	----------	-------------------



Piezometro: DW3

Progetto	0022367	Metodo di perforazione	Carotaggio Continuo
Cliente	DARAMIC	Società esecutrice	Geodynamic
Località	Tito scalo (Pz)	Diametro perforazione (mm)	178 fino a 11,1 m, poi 140
Data	27 - 29/11/04	Diametro tubazione (")	3
Rilevatore	Giorgio Barozza	Profondità (m da p.c.)	20
Latitudine	4.495.030 N	Quota p.c. (m s.l.m.)	765,16
Longitudine	2.581.054 E	Quota b.p. (m s.l.m.)	765,50



Profondità	Litologia	Descrizione	Note	Campioni	Schema piezometro
------------	-----------	-------------	------	----------	-------------------

