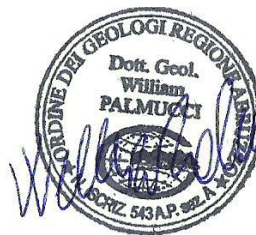
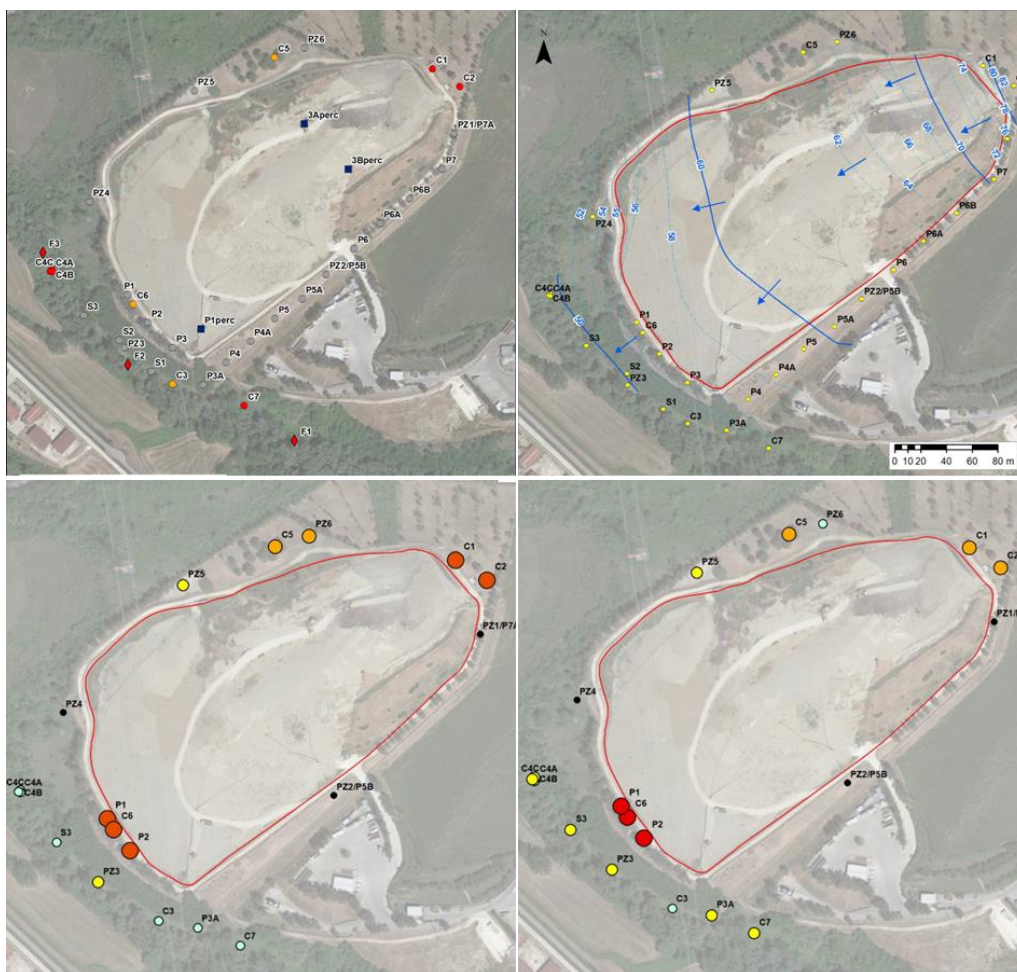


REPORT CONCLUSIVO DEL PIANO DI CARATTERIZZAZIONE DELLA DISCARICA CASONI DI CHIETI

D Lgs 152/2006 articolo 245 e 242 Allegato 2 Parte IV

Convenzione tra *Solved srl.- spin off Università G. d'Annunzio* e *DECO S.p.a.*



Prof. Geol. Sergio Rusi

Dott. Geol. William Palmucci

Chieti, maggio 2023

Sommario

INTRODUZIONE E PREMESSE.....	2
1 – MODELLO CONCETTUALE PRELIMINARE.....	3
2 – PIANO DELLE INDAGINI AMBIENTALI	5
2.1 – Indagine geognostica e caratterizzazione litologico-stratigrafica	8
2.2 – Caratteristiche idrogeologiche e monitoraggio piezometrico.....	11
2.2.1 – Superficie piezometrica.....	11
2.2.2 – Valutazione della Conducibilità Idraulica	14
2.2.3 – Circolazione idrica sotterranea	14
2.3 – Caratterizzazione chimica delle acque sotterranee	15
2.3.1 – Campagne di analisi utilizzate	15
2.3.2 – Chimismo di base	17
2.3.3 – Contaminanti e loro distribuzione	19
2.3 – Caratterizzazione chimica delle acque superficiali	31
2.4 – Caratterizzazione chimica dei terreni	31
2.5 – Caratterizzazione chimica del percolato.....	35
4 – ANALISI DELLE ANOMALIE CHIMICHE E DELLE CONTAMINAZIONI	36
5 – MODELLO CONCETTUALE DEFINITIVO.....	38
6 – CONCLUSIONI	40
FONTI BIBLIOGRAFICHE	42

ANNESI

Annesso 1: REPORT INDAGINI GEOGNOSTICHE

Annesso 2: RAPPORTI DI PROVA ACQUE_TERRENI_PERCOLATO

Annesso 3: RAPPORTI DI PROVA ARTA

Annesso 4: RAPPORTI DI PROVA ANALISI STORICHE 2021, 2022 VARI PIANI DI MONITORAGGIO

Annesso 5: RAPPORTI DI PROVA INDAGINE INTEGRATIVA MAGGIO 2023

Annesso 6: TABELLE RIEPILOGO ANALISI TERRENI

Annesso 7: TABELLE RIEPILOGO ACQUE SOTTERANEE

Annesso 8: TABELLE RIEPILOGO ACQUE SUPERFICIALI

Annesso 9: ESEGUIBILE RISK-NET 3.1.1

INTRODUZIONE E PREMESSE

La presente relazione è stata redatta secondo quanto previsto dalla convenzione tra *Solved srl. – spin off Università G. d'Annunzio* e *DECO S.p.a. (Ordine al fornitore del 11/01/2021 n. 211700016 /2021)*.

I contenuti in essa riportati riguardano gli esiti del “*Piano di Caratterizzazione finalizzato alla definizione dello stato ambientale*” del sito della discarica Casoni nel comune di Chieti, secondo quanto previsto dall’articolo 242 del D.Lgs. 152/2006 e nella fattispecie dall’Allegato 2 alla Parte IV.

Secondo quanto previsto dal suddetto Allegato 2, la relazione contiene i risultati relativi alle seguenti fasi (punti 4 e 5 della Convenzione sopra richiamata):

4) Elaborazione dei risultati delle indagini eseguite e dei dati storici raccolti e rappresentazione dello stato di contaminazione del suolo, del sottosuolo e delle acque sotterranee.

5) Elaborazione del Modello Concettuale Definitivo propedeutico alla “Analisi di Rischio sito-specifica”.

La presente relazione contiene quindi una sintesi del Modello Concettuale Preliminare, i risultati dell’indagine proposta ed approvata con la Determina 788 del 5/9/2022 del Comune di Chieti, III Settore - Sviluppo del Territorio - Servizio Ambiente e l’elaborazione del Modello Concettuale Definitivo propedeutico alla Analisi di Rischio ed alla individuazione delle CSR.

2/43

1 – MODELLO CONCETTUALE PRELIMINARE

L'assetto geologico, la ricostruzione delle geometrie della discarica e l'assetto piezometrico dell'area di studio evidenziano che c'è interazione tra il fondo della discarica e la superficie piezometrica. In particolare, è emerso che i livelli piezometrici più alti intersecano il corpo della discarica da NE a SW. Tale ipotesi è molto più probabile nella porzione SW e S del corpo discarica in corrispondenza della parte più vecchia della stessa, laddove la protezione è garantita solo dalla presenza delle Argille Grigie e non da membrane protettive. D'altra parte, la permeabilità delle Argille Grigie risulta estremamente bassa e variabile da 10^{-8} a 10^{-9} m/s facendo sì che eventuali flussi idrici di liquidi, derivanti dalla interazione tra acqua e discarica, filtrino con velocità estremamente basse stimate mediamente in 0,26 cm/a come emerso da test di permeabilità appositamente eseguiti.

L'indagine sul chimismo di base e di numerosi rapporti caratteristici, sulla distribuzione statistica e sul monitoraggio nel tempo, convergono tra loro e hanno evidenziato che, a prescindere dai valori numerici delle CSC, i piezometri P1 e P2 sono i più affini al chimismo del percolato sia per gli ioni di base che per quelli "contaminanti". I piezometri PZ5 e PZ6 seguono a ruota i primi due.

In sintesi, le indagini svolte hanno evidenziato una interazione idraulica tra il percolato e il corpo idrico sotterraneo all'interno delle Argille Grigie ed Argille Avana chiaramente presente nella porzione sud e sudovest della discarica, laddove il riempimento è avvenuto senza l'uso di protezioni. Tale interazione, in accordo con l'assetto piezometrico, si manifesta attualmente con una contaminazione da solventi clorurati e metalli nell'immediata prossimità della discarica al bordo SW al di sotto dell'argine artificiale (P1 e P2) e con contaminazione esclusivamente da metalli nella porzione idraulicamente a valle della precedente (PZ3). La distribuzione spaziale delle contaminazioni da solventi clorurati e ioni metallici è connessa alla loro mobilità che risulta più bassa per i primi, che sono DNAPL (Dense Non Aqueous Phase Liquid) poco solubili in acqua, e più alta per i secondi, noti per essere tra i più solubili e mobili in fase acquosa.

Tracce di contaminazione da solventi organici e metalli, probabilmente avvenute in passato ma ancora presenti come fase residuale dal substrato argilloso, sono presenti al bordo S – SE (P3A, P4A). In tale zona, interessata dalla presenza di materiale di riporto dovuta alla posa in opera della adduttrice acquedottistica interrata, è stata notata nel piezometro PCI una concentrazione di alcuni ioni (Cl, Na, SO₄, Mn e Ni) superiori a quelli dell'adiacente P3A. Tale incongruenza potrebbe essere dovuta all'utilizzo di terreno di riporto, con permeabilità e chimismo diversi, in occasione dei lavori di posa dell'acquedotto o di quelli precedenti legati alle attività della adiacente fornace.

Le contaminazioni a Nord della discarica (PZ5 e PZ6) risultano chiaramente da solventi clorurati e metalli mentre non altrettanto chiaro è il contributo degli altri ioni non soggetti a CSC (come NH₄, Cl, Na). La stessa conducibilità elettrica non appare così alta come nei piezometri della zona a SW. La contaminazione non è dunque univocamente attribuibile al percolato ma potrebbe derivare anche o solo da altre attività antropiche in grado di rilasciare contaminanti organo clorurati. Lo stesso studio degli isotopi del B aveva evidenziato tale ipotesi.

Dall'assetto piezometrico ricostruito e dalla distribuzione dei contaminanti appare chiaro che i bersagli dell'inquinamento sono il corpo idrico sotterraneo sull'intero bordo S e SW della discarica e dunque il fosso dell'Inferno lungo il suddetto bordo.

Tutte le contaminazioni, ed in particolare, quelle da metalli (As e Ni) più mobili nelle acque sotterranee rispetto ai solventi clorurati, sono state riscontrate fino al piezometro S2 e non risultano presenti nell'S3. Le contaminazioni risultano dunque contenute nell'intorno della discarica sia in accordo con la presenza di un substrato a conducibilità idraulica di $10^{-9} - 10^{-7}$ m/s, sperimentalmente ricavati, e che va dunque considerato come acquiclude, sia per l'azione dei pozzi barriera PZ3 e P3A (Fig. 1.1).

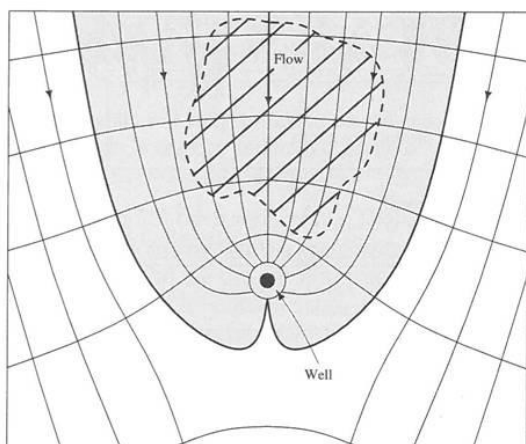


Fig. 1.1 – Planimetria ad isopiezometriche schematica illustrante l'effetto di un pozzo barriera idrodinamico. le frecce indicano le linee di flusso; l'area grigia individua il fronte di richiamo; l'area a rigato obliquo indica la contaminazione.

4/43

Questi ultimi, realizzati in ottemperanza a quanto previsto dall'art. 245 del D Lgs. 152/2006, alla luce della distribuzione dei contaminanti e degli ioni non soggetti a CSC sin qui descritti, stanno effettivamente assolvendo alla loro funzione di pozzi barriera idrodinamica il cui ruolo è quello di creare una depressione piezometrica indotta dall'emungimento che crea a sua volta una zona di richiamo della porzione inquinata di corpo idrico.

2 – PIANO DELLE INDAGINI AMBIENTALI

Secondo quanto previsto dal Piano di Caratterizzazione e dal Modello Concettuale Preliminare, il piano delle indagini ambientali è consistito nella esecuzione delle indagini riportate in tabella 2.1 e localizzate in figura 2.1, così come integrate e definitivamente approvate dal Comune di Chieti (Determina n.788 del 5/9/2022).

Inoltre, sono state previste indagini sul corso d'acqua Fosso dell'inferno sintetizzate in tabella 2.2

Il dimensionamento e la tipologia di indagini riassunte nelle tabelle 2.1 e 2.2 e ubicate in figura 2.1 sono derivate dalla Modello Concettuale Preliminare e cioè dalla considerazione che la contaminazione si manifesta con una presenza di solventi organo-alogenati, metalli e metalloidi nell'immediata prossimità della discarica al bordo SW al di sotto dell'argine artificiale e con contaminazione esclusivamente da metalli e metalloidi nella porzione idraulicamente a valle della precedente.

Avendo individuato i bersagli dell'inquinamento nel corpo idrico sotterraneo all'interno di argille a bassissima permeabilità (in media 1×10^{-9} m/s) a S e SW della discarica e nel fosso dell'Inferno, il piano delle indagini previsto nel Piano di caratterizzazione è stato mirato ai seguenti obiettivi:

- individuazione dei cosiddetti punti di bianco attraverso l'esecuzione di sondaggi geognostici con posa in opera di piezometri a monte piezometrico della discarica e comunque all'esterno della zona contaminata, con prelievo di campioni di terreno e di acqua sotterranea su cui eseguire analisi chimiche anche allo scopo di verificare la presenza naturale di alcuni contaminanti appartenenti alle specie redox sensibili (Fe, Mn, As, B, SO₄);
- individuazione dei punti di bianco delle acque superficiali del fosso dell'Inferno tramite campionamenti a monte della area della discarica su cui eseguire analisi chimiche;
- ricostruzione delle condizioni attuali di contaminazione delle acque sotterranee attraverso il campionamento d'acqua in piezometri esistenti facenti parte della rete di monitoraggio su cui eseguire analisi chimiche;
- verifica delle condizioni di contaminazione anche a diverse profondità tramite esecuzione di nuovi sondaggi geognostici con posa in opera di piezometri per il campionamento e l'analisi chimica di terreni e di acqua a diverse profondità: tale tipologia di indagine è stata proposta per la presenza di DNAPL sebbene in concentrazioni molto basse e prossime alla CSC.
- verifica dello stato eventuale di contaminazione del bersaglio tramite campionamento ed analisi delle acque del fosso dell'Inferno in corrispondenza del bordo SW della discarica e all'esterno del bordo SW della discarica.

Indagine		Profondità (m)	Completamento	Prelievo campioni terreno	Tipologia di analisi chimica terreni	Prelievo campioni acqua	Tipologia di analisi chimica acqua
C1 (bianco) monte discarica		40	Piezometro TA	3 campioni sec. DL 152 2006 + terreno saturo a FF circa	DL 152 2006 Allegato 5 Tab.1 + SO4, Fe, Mn, B	1 campione nella zona satura (circa 38-40 m)	D.Lgs 36/2003 Tab. 1 integrato da DL 152/2006 Allegato 5 Tab. 2 + HCO3
C2 (bianco) monte discarica Nord est		25	Piezometro TA	3 campioni sec. DL 152 2006 + terreno saturo a FF circa	DL 152 2006 Allegato 5 Tab.1 + SO4, Fe, Mn, B	1 campione nella zona satura (circa 23-25 m)	"
C3 (bianco) Est discarica		12	Piezometro TA	3 campioni sec. DL 152 2006 (se possibile) + terreno saturo a FF circa	DL 152 2006 Allegato 5 Tab.1 + SO4, Fe, Mn, B	1 campione nella zona satura (circa 10-12 m)	"
C4 (valle contaminazione)	C4A	3	Piezometro TA interamente drenante salvo testa piez.			1 campione nel tratto drenante	"
	C4B	6	Piezometro TA drenante da 4 a 6 m			1 campione nel tratto drenante	"
	C4C	12	Piezometro TA drenante da 9 a 12 m	1 campione sec. DL 152 2006 zona insatura + terreno saturo	DL 152 2006 Allegato 5 Tab.1 + SO4, Fe, Mn, B	1 campione nel tratto drenante	"
C5		30	Piezometro TA drenante	3 campioni sec. DL 152 2006 + terreno saturo	DL 152 2006 Allegato 5 Tab.1 + SO4, Fe, Mn, B	1 campione nella zona satura	"
C6		24	Piezometro TA drenante	"	"	"	"
C7		12	Piezometro TA drenante	"	"	"	"
Pz3 esistente		12	Piezometro TA			1 campione	"
Pz5 esistente		24	Piezometro TA			1 campione	"
Pz6 esistente		30	Piezometro TA			1 campione	"
P1 esistente		24	Piezometro TA			1 campione	"
P2 esistente		24	Piezometro TA			1 campione	"
S3 esistente		10	Piezometro TA			1 campione	"
P3A		8	Piezometro TA			1 campione	"
Pozzo percolato P1						1 campione	Come acque sotterranee
Pozzo percolato 3B						1 campione	Come acque sotterranee
Pozzo percolato 3A						1 campione	Come acque sotterranee

6/43

Tabella 2.1 – Consistenza e tipologia delle indagini eseguite per la caratterizzazione del sito

Punto di prelievo	Ubicazione	Tipologia di analisi
F 1	A monte dell'area di discarica	Come acque sotterranee
F 2	Circa spigolo Sud discarica	Come acque sotterranee
F 3	Circa spigolo Sud-Ovest discarica	Come acque sotterranee

Tabella 2.2 – Punti di prelievo lungo il Fosso dell'Inferno per la caratterizzazione del sito

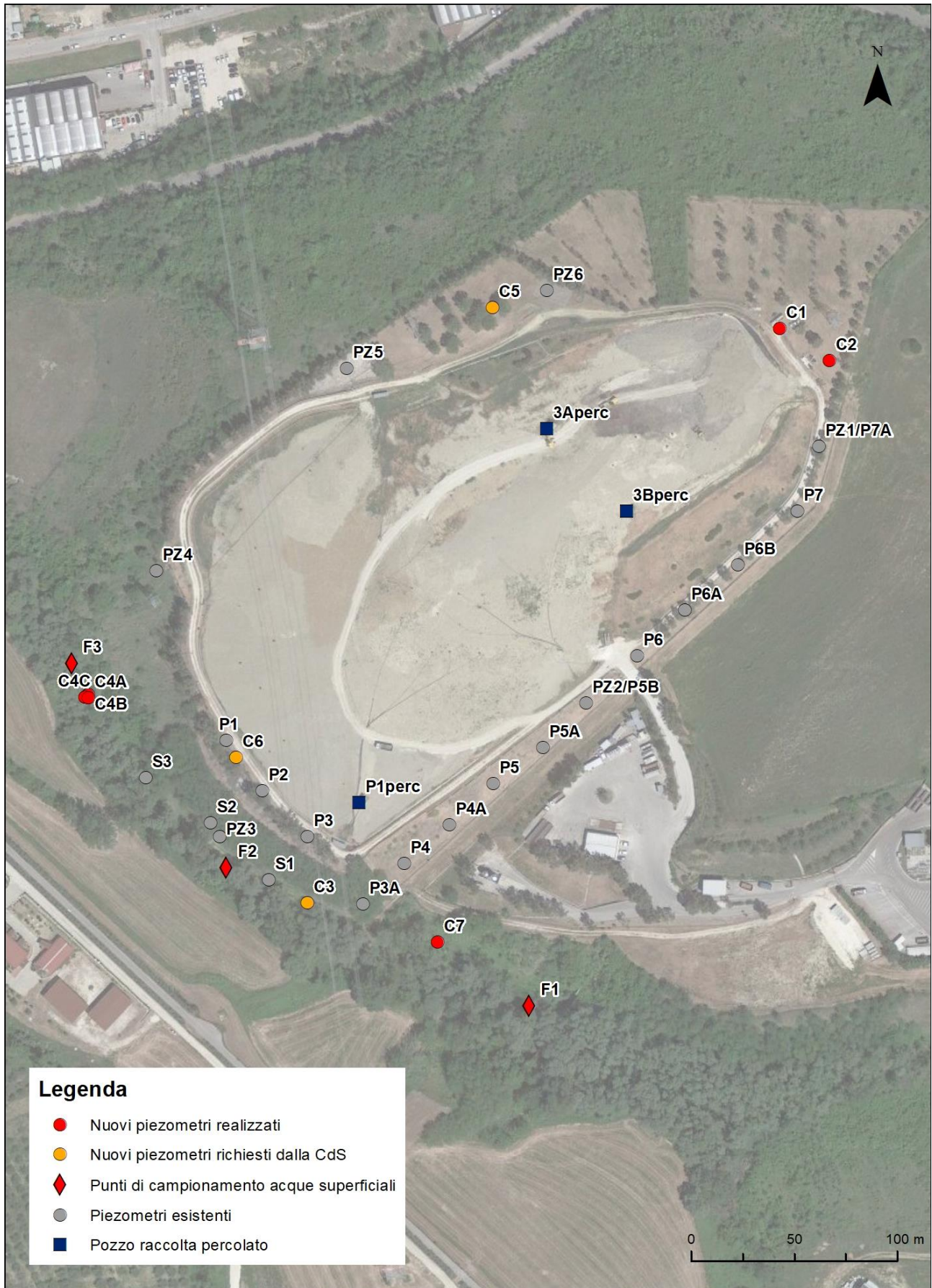
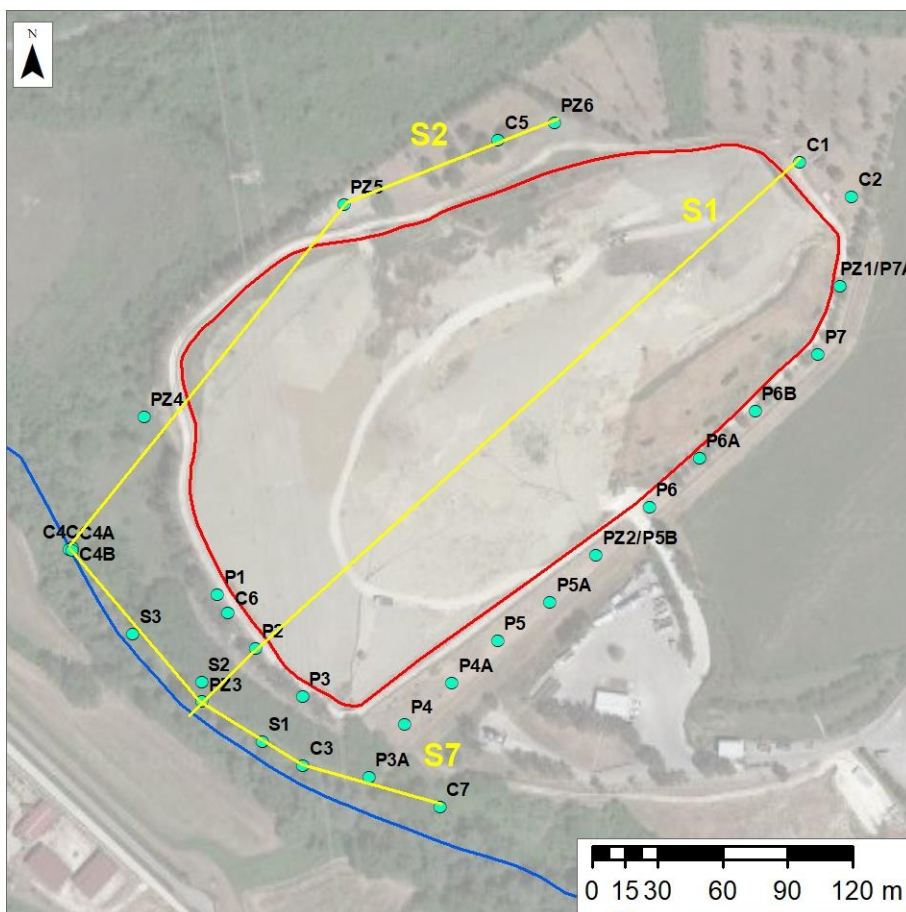


Fig. 2.1 – Ubicazione delle indagini storiche e di quelle integrative

2.1 – Indagine geognostica e caratterizzazione litologico-stratigrafica

L'indagine geognostica, la cui ubicazione (unitamente alle indagini già disponibili) è riportata in figura 2.1, è consistita nella esecuzione di n. 7 sondaggi denominati C1 ÷ C7 (dei quali il C4 costituito da tre diverse verticali attrezzate con piezometri a diversa profondità) con posa in opera di piezometri secondo le caratteristiche riportate in tabella 2.1. L'indagine è illustrata e descritta (inclusa ampia documentazione fotografica) nell'elaborato "Report indagini geognostiche" (Annesso 1). L'indagine eseguita ha consentito di integrare e completare quanto già noto e riportato nella ricostruzione del Modello Concettuale Preliminare (capitolo 1). In particolare, è stato possibile ricostruire l'assetto litologico-stratigrafico nelle sezioni 2.3, 2.4 e 2.5 le cui tracce sono riportate in figura 2.2. In continuità con il Modello Concettuale Preliminare, le sezioni sono state denominate S1 (Fig. 2.3), S2 (Fig. 2.4) e S7 (Fig. 2.5).



8/43

Fig. 2.2 – Traccia delle sezioni geologiche

L'assetto che ne è derivato conferma quanto già noto ed è riassumibile nella presenza della Formazione di Mutignano localmente caratterizzata da una associazione pelitico-sabbiosa storicamente nota col nome di "Argille Grigio Azzurre" di età plio-pleistocenica. La Formazione risulta stratificata e laminata con strati di 30-50 cm di spessore.

Dal punto di vista granulometrico, la formazione risulta prevalentemente argillosa con intercalazioni sabbiose fini da centimetriche a decimetri e talora con lamine, concrezioni e noduli di ossidazione dovuti sia a minerali di ferro (ossidi), che a carbonato di calcio. All'interno della formazione, sono stati segnalati anche livelli a solfati sia derivanti da ossidazione di solfuri che a minerali solfatici derivanti dalla deposizione marina della Formazione. A causa della degradazione meteorica e dell'allentamento tensionale, la formazione sopra schematicamente descritta presenta nella porzione superficiale una fascia di alterazione con colorazione avana marrone e caratteristiche di porosità e permeabilità maggiori della porzione inferiore, che invece appare grigio azzurra e meno allentata. Lo spessore di questa fascia di alterazione è molto variabile e dipendente, tra l'altro, dalla topografia, dall'evoluzione dei versanti e dall'azione delle acque superficiali. D'ora in avanti la parte superficiale allentata sarà chiamata "Argille Avana", quella inferiore "Argille Grigie".

Alla base dei versanti e nei primi metri di affioramento della formazione, è presente la cosiddetta "coltre eluviale e colluviale", i cui due termini sono relativi rispettivamente ad una vera e propria alterazione chimica, biologica e fisico-meccanica in posto e ad accumulo gravitativo con conseguente alterazione chimica e fisico-meccanica.

A partire dalla stessa Formazione, sono dunque presenti tre litotipi diversi, due dei quali (Argille Grigie ed Argille Avana) strettamente interessati dalla discarica.

9/43

Dalle ricostruzioni eseguite sfruttando le stratigrafie di sondaggio note, desunte da precedenti lavori ed appositamente eseguite per la presente caratterizzazione (Annesso 1), nonché dalla documentazione fotografica e da rilievi geologici appositamente eseguiti in sito, è stato possibile ricostruire l'assetto litologico del substrato della discarica. Il fondo di entrambe le vasche e il setto di separazione sono costituiti dalle Argille grigie mentre i fianchi interessano le argille grigie nella porzione più bassa e le argille avana nella porzione più alta. Il limite tra le due diverse litologie interseca le vasche a profondità variabile (si vedano le sezioni delle figure da 2.3 e 2.4). Il bordo di SW della discarica verso il fosso dell'Inferno è costituito da un argine artificiale, realizzato con materiali prevalentemente argillosi compattati (stratigrafia del sondaggio C6), protetto a valle da gabbionate.

Dal punto di vista morfologico, la collina su cui è stata coltivata la discarica si sviluppava in direzione NE-SW delimitata da due impluvi con la stessa direzione che confluivano nel fosso dell'Inferno che borda a Sud la discarica stessa e confluisce più a valle nel fiume Pescara. La coltivazione della discarica è avvenuta ed avviene in modo da ricostruire l'andamento naturale NE-SW del versante. L'area di studio ha subito notevoli variazioni di origine antropica. La stessa area di imposta era interessata da cave di argilla a servizio della fornace adiacente.

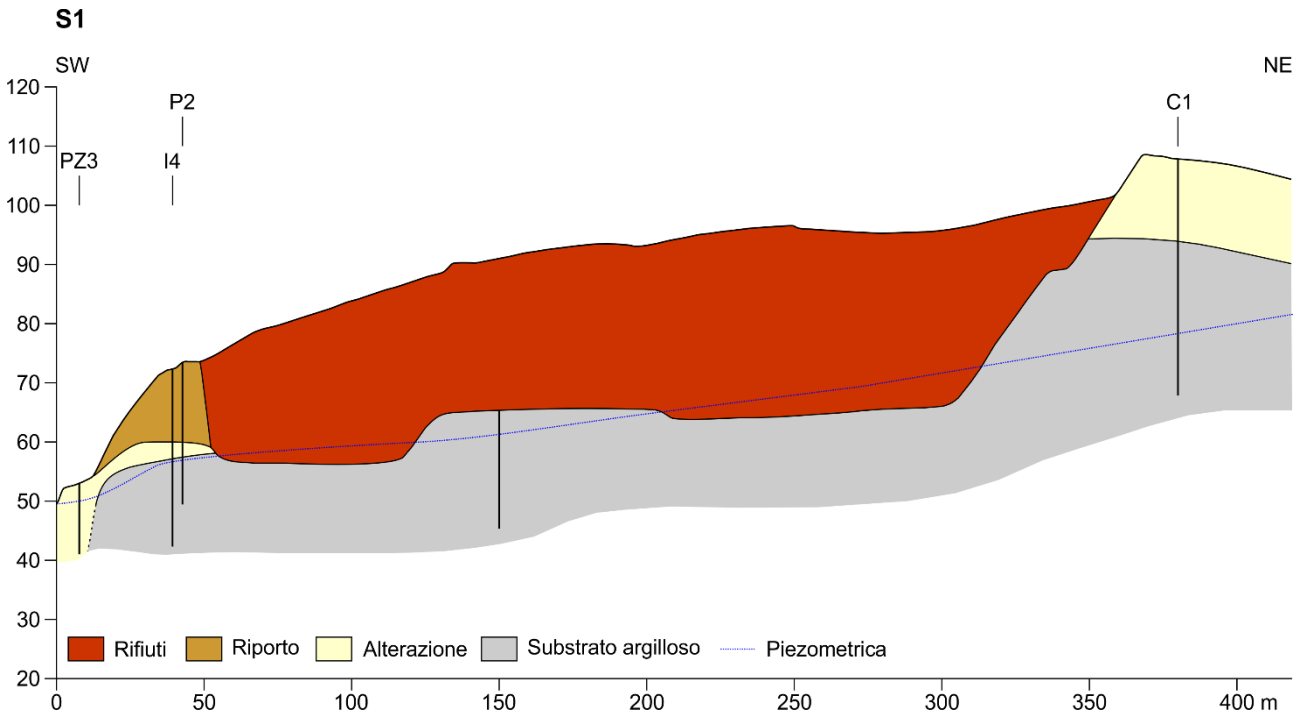


Fig. 2.3 - Sezione litologica/idrogeologica S1 longitudinale all'area di studio intersecante la discarica (traccia in fig. 2.2)

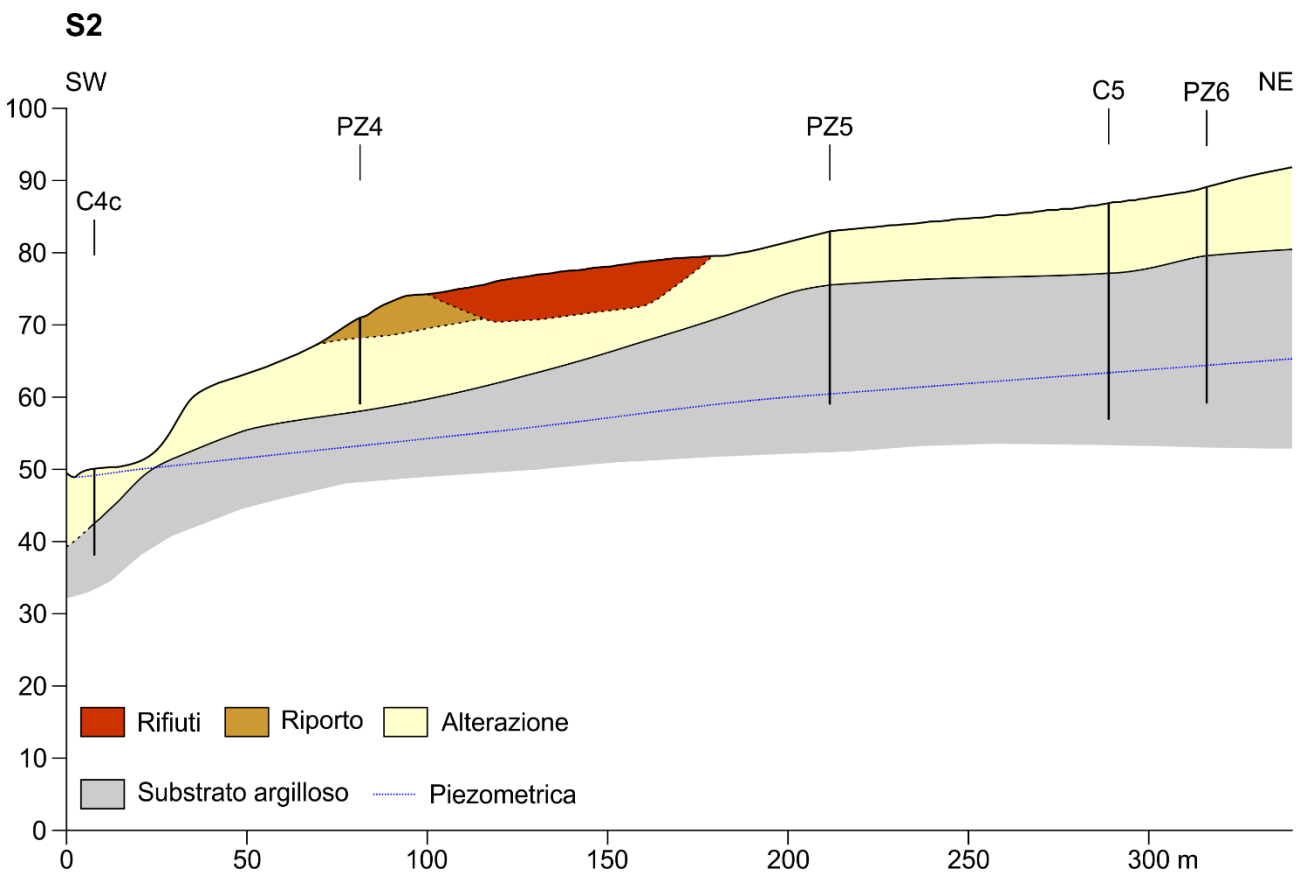
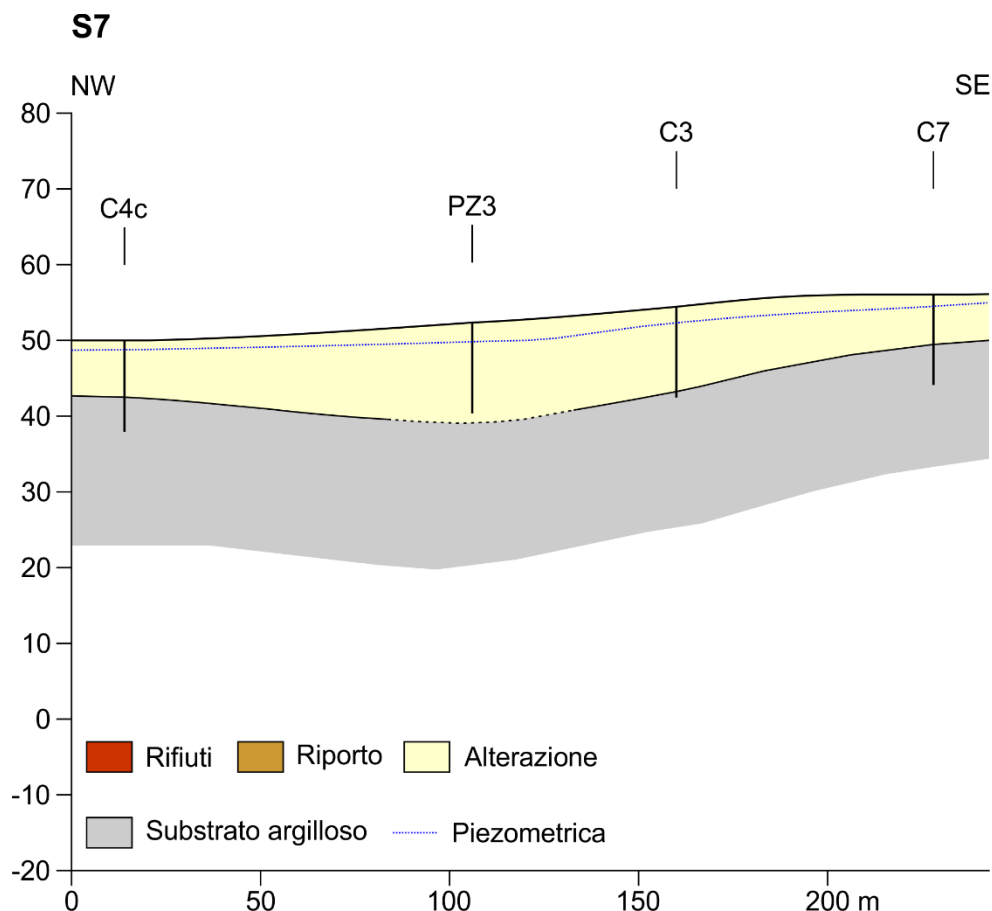


Fig. 2.4 - Sezione litologica/idrogeologica S2 longitudinale all'area di studio e parzialmente intersecante la discarica (traccia in fig. 2.2)



11/43

Fig. 2.5 – Sezione litologica/idrogeologica S7 sub-parallela al Fosso dell'Inferno all'esterno della discarica (traccia in fig. 2.2)

2.2 – Caratteristiche idrogeologiche e monitoraggio piezometrico

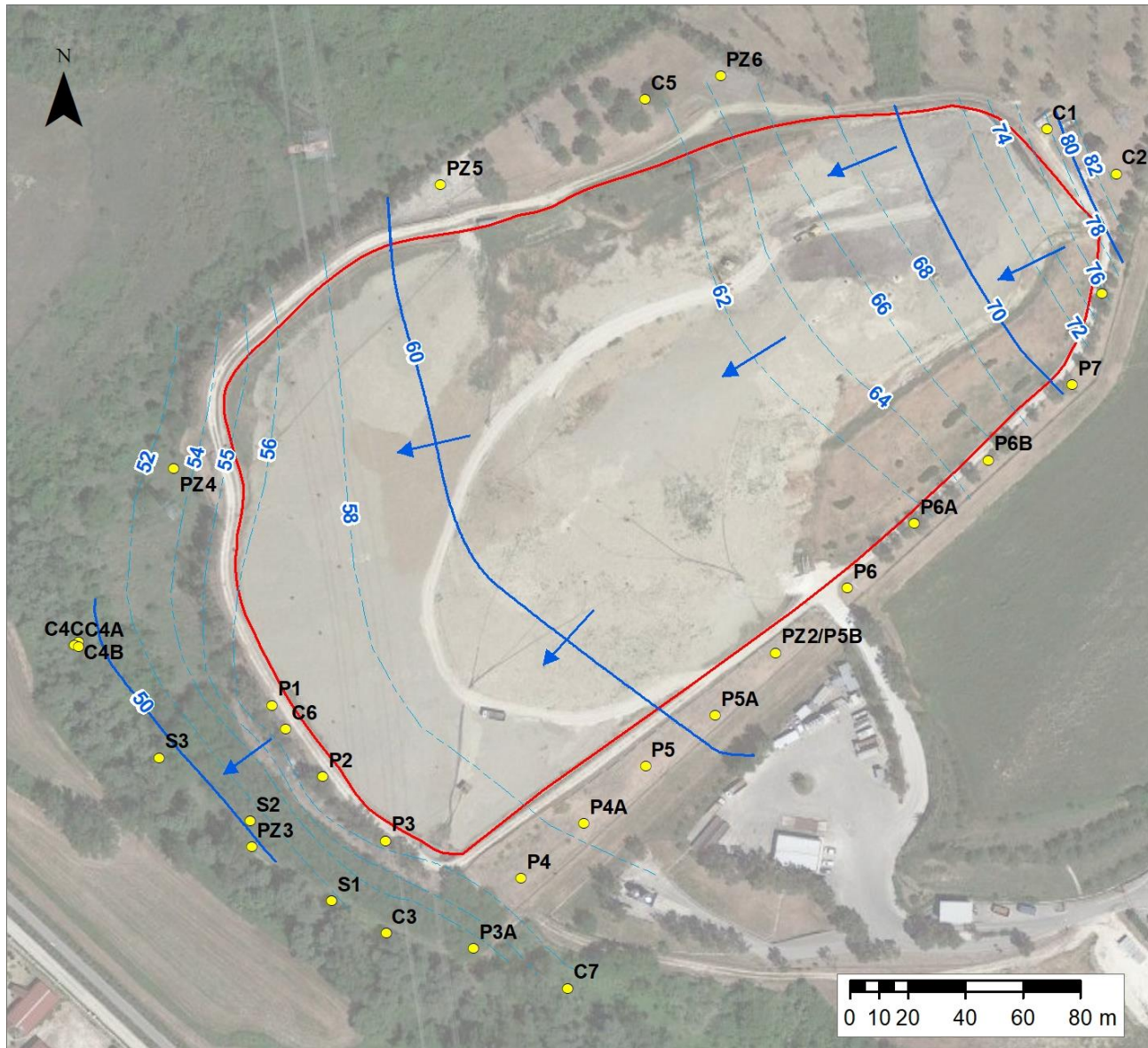
L'assetto geolitologico sintetizzato al paragrafo 2.1 consente di ascrivere le formazioni presenti al gruppo degli aquitard o aquiclude, ovvero a quelle formazioni a scarsa permeabilità all'interno delle quali si può avere circolazione di acqua a bassa o bassissima velocità. Per tale motivo, d'ora in avanti si parlerà di "corpi idrici sotterranei" e non di Acquiferi, termine riservato a formazioni a permeabilità medio alta con acqua al loro interno.

L'assetto idrogeologico è stato desunto dalla integrazione di quanto noto dal Modello Concettuale Preliminare, con la ricostruzione della superficie piezometrica aggiornata al presente studio.

2.2.1 – Superficie piezometrica

L'assetto piezometrico è stato ricostruito tramite il rilievo della soggiacenza e successivo calcolo del Carico Idraulico utilizzando il rilievo topografico appositamente realizzato. Sono stati utilizzati tutti i piezometri disponibili (sia quelli di nuova realizzazione C1 ÷ C7 che quelli impiegati nel Modello Concettuale Preliminare). Il rilievo è stato eseguito il 6 febbraio 2023, ovvero oltre 30 giorni dal completamento dei piezometri (23.12.2022). Le operazioni di rilievo sono state eseguite

da due squadre di rilevatori nell'arco di 2 ore per garantire la contemporaneità del rilievo. La morfologia piezometrica ottenuta (Fig. 2.6, e sezioni figg 2.3, 2.4, 2.5) risente della distribuzione dei punti d'acqua utilizzati che sono, per ovvi motivi, distribuiti attorno all'invaso e non all'interno dello stesso.



12/43

Legenda

- Isopieze principali (equidistanza 10 m)
- - - Isopieze secondarie
- ➔ Direzione di flusso
- Piezometri di controllo
- Perimetro discarica Casoni

Fig. 2.6 – Carta delle isopiezometriche relative alla campagna di misura del febbraio 2023

In generale, da essa è possibile constatare:

- La morfologia piezometrica è influenzata dalla morfologia del versante: infatti i carichi idraulici diminuiscono da 84 m s.l.m. all'apice Est della collina fino a circa 50 m s.l.m. in prossimità del fosso, al quale la superficie piezometrica si raccorda lungo tutto il lato Sud-Ovest della discarica. Il cosiddetto "monte idrogeologico", secondo una nomenclatura da consuetudine, va dunque individuato nella parte alta della discarica al bordo NE dell'area di studio laddove sono stati eseguiti i sondaggi C1 e C2, mentre il cosiddetto "valle idrogeologico" va individuato al bordo Sud-Ovest dell'area di studio parallelamente al fosso dell'Inferno.

- Il gradiente idraulico (osservabile anche nella sezione di fig. 2.3) varia da 0,2 nella parte alta della collina e della piezometrica, a 0,05 nella parte mediana delle stesse, a $0,2 \div 0,12$ nella parte bassa della collina in prossimità del fosso. Gli alti valori del gradiente idraulico sono sintomatici di bassi valori di permeabilità, come intuibile dalla litologia e come stimato quantitativamente (si veda il paragrafo successivo).

- I carichi idraulici al bordo SW si raccordano alle quote del fosso e non sono mai state osservate venute d'acqua al di sopra della quota del fosso stesso. Ciò significa che il fosso costituisce un potenziale imposto del corpo idrico sotterraneo.

- Le oscillazioni piezometriche dedotte dalle relazioni annuali e dalle operazioni di misura del carico idraulico in occasione del campionamento nei piezometri, nonché già descritte nel Modello Concettuale Preliminare, mostrano come solo in alcuni piezometri è visibile un'oscillazione stagionale (P1, P2, PZ6) ma in generale non sembra esserci correlazione tra afflussi ed oscillazioni. Appare invece chiaro l'effetto di abbassamento del carico idraulico nei piezometri utilizzati come pozzi barriera e sottoposti ad emungimento (es. PZ3). Alcune oscillazioni della piezometrica risentono degli effetti dovuti alla protezione ermetica presente (sistema di protezione fughe di biogas) che può determinare condizioni di pressione superiori a quella atmosferica che, in considerazione della scarsa permeabilità dei terreni presenti, possono influenzare sensibilmente il livello piezometrico.

Sulla scorta di quanto sopra riportato e della presenza di livelli più o meno sabbiosi all'interno delle prevalenti argille (sia avana che grigie) deriva che il corpo idrico sotterraneo può essere considerato come un "corpo idrico multistrato" nel quale la circolazione avviene prevalentemente nei livelli limoso sabbiosi, che non presentano continuità laterale e dunque non individuano livelli idrici ben distinti. Se fossero presenti questi ultimi, dovrebbero notarsi venute d'acqua o livelli umidi lungo i versanti, laddove i livelli continui intercettano la superficie topografica. Si tratta dunque di un corpo idrico multistrato a comportamento singolo e sincrono i cui potenziali imposti, nonché allineamento di recapito principale, è il fosso. Dal punto di vista normativo il corpo idrico, per quanto sopra detto e per quanto dedotto da test di permeabilità (Par. 2.2.2), va considerato (D.Lgs 152/2006 Allegato 1 parte III) come "non significativo" in quanto "orizzonti saturi di modesta estensione e continuità all'interno o sulla superficie di una litozona poco permeabile e di scarsa importanza idrogeologica e irrilevante significato ecologico". Esso inoltre non va denominato come "falda", secondo l'Accordo Stato-Regione del 12/12/2003 allegato 1, che recita: "non costituiscono una falda i livelli discontinui e/o di modesta estensione presenti all'interno e al di sopra di una litozona a bassa conducibilità idraulica".

2.2.2 – Valutazione della Conducibilità Idraulica

L'assetto idrogeologico è stato completato con l'esecuzione di test di permeabilità in sito per la stima della conducibilità idraulica utile sia per una miglior comprensione dei flussi sotterranei sia per eventuali stime quantitative.

La stima della conducibilità idraulica in sito è stata eseguita tramite prove di permeabilità in fori già eseguiti ed attrezzati a piezometri. La presenza di numerosi fori attrezzati a piezometri, in cui è noto il completamento e la successione litologica attraversata, ha consentito di utilizzare questi ultimi come fori per prove tipo Lefranc a carico variabile in fase di risalita. Tali prove sono state eseguite in fase di redazione del Modello Concettuale Preliminare, abbassando il livello dell'acqua di una altezza nota e misurando la velocità di risalita del livello. Il risultato della prova è significativo del comportamento dell'intero corpo idrico attraversato dal piezometro e non già di singoli livelli.

Le prove sono state eseguite svuotando o comunque abbassando il livello nei piezometri (fase di spurgo) ed osservando la risalita nelle ore e nei giorni successivi tramite rilievi con freatometro.

In tabella 2.3 sono sintetizzati i valori di K (in m/s) ricavati per ciascun piezometro da cui si evince che tutti i valori sono confrontabili e che dunque i test sono attendibili. In generale, i valori di K sono bassissimi e variabili da 10^{-9} m/s a 10^{-7} m/s. Ai limiti Nord-Ovest e Sud-Ovest della discarica, la permeabilità risulta bassissima (10^{-9} m/s), mentre in prossimità del fosso e al limite Sud-Est della discarica la permeabilità risulta molto bassa (10^{-7} – 10^{-8} m/s). I valori ottenuti consentono di ascrivere il complesso delle Argille Avana e Grigie ad un Aquiclude.

14/43

n.	PZ6	PZ5	P1	P2	S3	PZ irriguo	S2	PZ3	S1	PCI	P3A	P4	P4A	P5	P5A
K (m/s)	$9,2 \cdot 10^{-10}$	$3,0 \cdot 10^{-9}$	$3,9 \cdot 10^{-9}$	$4,4 \cdot 10^{-9}$	$4,6 \cdot 10^{-8}$	$1,5 \cdot 10^{-7}$	$4,9 \cdot 10^{-8}$	$9,5 \cdot 10^{-8}$	$6,1 \cdot 10^{-8}$	$2,6 \cdot 10^{-9}$	$2,1 \cdot 10^{-8}$	$2,2 \cdot 10^{-7}$	$1,0 \cdot 10^{-8}$	$9,7 \cdot 10^{-8}$	$4,0 \cdot 10^{-8}$

Tab. 2.3 – valori di conducibilità ottenuti con prove tipo Lefranc nei piezometri esistenti

I valori di conducibilità idraulica ottenuti confermano quanto ipotizzato nel paragrafo 2.2.1 sulla distribuzione del gradiente idraulico, che risulta essere sempre alto come si previsto in litologie a bassissima conducibilità idraulica. La presenza di un limite a potenziale imposto e la morfologia del territorio rendono conto della morfologia piezometrica ottenuta.

2.2.3 – Circolazione idrica sotterranea

L'assetto geologico, la ricostruzione delle geometrie della discarica e la tipologia della stessa analizzate in comparazione all'assetto piezometrico dell'area di studio dedotto dalla integrazione al Modello Concettuale Preliminare (Figg. sezioni 2.3 e 2.4) hanno confermato, al di là delle ragionevoli approssimazioni nel calcolo dei carichi idraulici e nel rilievo topografico, quanto emerso in fase preliminare e cioè che c'è interazione tra il fondo della discarica e la superficie piezometrica. In particolare, considerando le oscillazioni piezometriche registrate nei piezometri, i livelli piezometrici più alti intersecano ed entrano all'interno del corpo della discarica. Tale fenomeno non comporta un ingresso fisico nel corpo discarica se lo stesso è opportunamente protetto, viceversa, in mancanza di protezione, il contatto durante i periodi di alto piezometrico è di tipo fisico. Questa seconda ipotesi è molto probabile nella porzione SW e S del corpo discarica in

corrispondenza della parte più vecchia della stessa, laddove la protezione è garantita solo dalla presenza delle Argille Grigie e non da membrane protettive. Tuttavia, va sottolineato che la permeabilità delle Argille Grigie risulta estremamente bassa ($10^{-8} \div 10^{-9}$ m/s) e questo fa sì che eventuali flussi idrici di liquidi derivanti dalla interazione tra acqua e discarica filtrino con velocità estremamente basse. Considerando la direzione di flusso scaturita dalla indagine piezometrica (Fig. 2.6), i gradienti idraulici deducibili dalla stessa e i valori di permeabilità stimati con le prove in sito, è possibile, applicando meramente la legge di Darcy, stimare le velocità medie delle acque sotterranee nel contesto analizzato. I valori di velocità ottenibili mediamente sull'intera area è pari a 0,25 cm/a. Tali valori, sebbene rispondenti a stime, rendono bene conto degli scarsi flussi in gioco.

2.3 – Caratterizzazione chimica delle acque sotterranee

2.3.1 – Campagne di analisi utilizzate

Il chimismo delle acque sotterranee è stato valutato sulla base di quattro fonti di dati e di analisi:

- 1) Campagna di analisi sulle acque prelevate nei piezometri appositamente realizzati e/o monitorati nell'ambito del presente piano di caratterizzazione secondo il programma riportato in tabella 2.1. I certificati delle suddette analisi sono riportati nell'Annesso 2.
- 2) Campagna di analisi eseguita da ARTA per la *Procedura di caratterizzazione ambientale di cui al Titolo V – Parte IV del D.Lgs 152/06 e s.m.i. riferita al sito della discarica gestita dalla DECO S.p.A., ubicata in località "Casoni" di Chieti. Trasmissione risultati analitiche dei campioni oggetto del contraddittorio*. Protocollo 15015/2023 del 31 marzo 2023 (Annesso 3).
- 3) Campagna di analisi relative agli anni 2021 e 2022 realizzate nei piezometri esistenti (e dunque non in quelli appositamente realizzati per la presente caratterizzazione) nell'ambito del piano di monitoraggio e controllo previsto dall'Autorizzazione Integrata Ambientale i cui certificati analitici sono riportati nell'Annesso 4.
- 4) Campagna di analisi integrativa realizzata il 5 maggio 2023 resasi necessaria e ritenuta utile dagli scriventi a seguito di alcune incongruenze tra i risultati della campagna di cui al punto 1) di DECO e quelle di cui al punto 2) di ARTA solo in relazione al contenuto in Ferro e Manganese (Annesso 5).

Nell'Annesso 7 "Tabelle riepilogo acque sotterranee" si riporta un prospetto riepilogativo delle analisi sopra menzionate ed i cui esiti sono stati impiegati nell'ambito del presente Piano di Caratterizzazione.

In tabella 2.4 sono invece sintetizzate le analisi chimiche delle acque e del percolato relative agli ioni fondamentali ed ai contaminanti indice (Boro, Manganese, Arsenico, Ferro, Cloruro di Vinile, 1,2 dicloropropano) relativamente a:

- campagna di cui al punto "1"
- media e massimo valore del periodo 2021, 2022 e prima analisi del 2023 delle campagne di analisi di cui al punto 3) sopra elencato;
- integrazione delle analisi della campagna 1) con quelle dell'ARTA (punto 2) sopra elencato) considerando, così come espressamente richiesto da ARTA ("... dovranno essere considerati cautelativamente tutti i superamenti rilevati da entrambi i laboratori con le concentrazioni massime determinate"), i valori maggiori tra le due analisi.
- i risultati della campagna del 6/2/2023 sono stati integrati considerando il valore più alto delle concentrazioni in Ferro e Manganese, rilevati nella campagna integrativa del 5 maggio 2023.

Campione	data	pH	T	Conducibilità el. 25°C	Ossidabilità	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO4	HCO3	B (microg/l)	Mn (microg/l)	As (microg/l)	Fe (microg/l)	NH4	Cloruro di Vinile (microg/l)	1,2-Dicloropropano (microg/l)
C1	C1 6/2/2023	6,9	16,9	5910	113	18	13	1029	9,4	175	334	1854	7672	32,80	30,30	281,00	7,20	<0,05	<0,05
C2	C2 6/2/2023	7,3	16,7	6620	84	12	16	1671	10,4	226	852	2660	8696	21,60	55,50	50,40	4,90	<0,05	<0,05
PZ6 6/2/2023	PZ6 6/2/2023	7,4	13,9	331	120	69	10	66	3,0	62	13	293	4774	3,30	19,80	36,80	2,10	<0,05	<0,05
PZ6 media 21/22/23	PZ6 media 21/22/23	7,6	16,8	2211	11	26	7	627	16,0	58	14	293,0	5659	46,81	17,01	427,10	4,29	0,3	0,007
PZ6 massimo 21/22/23	PZ6 massimo 21/22/23	8,0	20,6	3780	120	69	10	910	22,0	69	30	293	7500	67,00	32,10	675,00	8,30	1,39	0,008
C5 6/2/2023	C5 6/2/2023	7,0	15,6	5640	606	52	8	884	2,8	907	134	366	3988	6,90	12,10	168,00	6,40	0,39	<0,05
PZ5	PZ5 6/2/2023	6,2	15,7	3010	133	90	7	98	1,3	218	22	183	1250	160,00	0,71	16,00	1,20	2,5	0,09
PZ5	PZ5 6/2/2023 ARTA	6,8		2240	28						18		1310	160,00	<1	713,00		2,26	0,17
PZ5	PZ5 6/2/2023 INT. ARTA	6,2	15,7	3010	133	90	7	98	1,3	218	22	183	1310	249,00	0,71	713,00	1,20	2,5	0,17
PZ5	PZ5 media 21/22/23	6,7	17,9	2385	14	127	191	147	79,1	222	29	183	1437	255,53	3,59	610,00	0,58	3,472	0,211
PZ5	PZ5 massimo 21/22/23	7,3	21,4	3010	133	160	260	170	228,0	276	47	183	1610	289,00	8,70	1100,00	5,20	5,500	0,480
P1	P1 6/2/2023	7,0	17,2	8802	389	56	29	1556	17,0	600	2491	317	5473	142,00	0,54	58,10	4,60	0,42	<0,05
P1	P1 media 21/22/23	7,2	19,2	7606	39	78	154	2031	63,5	670	2614	317	9212	136,29	2,40	313,65	5,38	0,363	0,178
P1	P1 massimo 21/22/23	7,5	21,4	8960	389	91	220	2500	84,0	806	3090	317	11300	204,00	5,40	991,00	11,90	1,620	0,400
C6	C6 6/2/2023	7,9	17,3	11500	100	15	29	2035	7,2	723	3584	207	7328	30,20	14,90	7,70	4,60	<0,05	<0,05
C6	C6 6/2/2023 ARTA	8,1		8720							3400		9000	31,70	15,00	10,20		<0,05	0,042
C6	C6 6/2/2023 INT. ARTA	7,9	17,3	11500	100	15	29	2035	7,2	723	3584	207	9000	31,70	15,00	10,20	4,60	<0,05	<0,05
P2	P2 6/2/2023	7,3	17,9	9508	246	38	15	2080	8,4	646	2376	2660	7063	119,00	4,10	71,90	2,60	<0,05	<0,05
P2	P2 media 21/22/23	7,4	19,4	7531	21	55	50	2156	45,4	684	2562	2660	10177	158,14	5,36	1709,85	11,86	0,015	0,078
P2	P2 massimo 21/22/23	7,8	21,9	9508	246	67	69	2500	61,0	767	2780	2660	11700	217,00	11,60	3020,00	14,10	0,015	0,117
C7	C7 6/2/2023	7,1	12,9	2206	330	105	26	117	2,1	73	214	415	829	852,00	5,50	88,40	1,20	<0,05	<0,05
P3A	P3A 6/2/2023	6,8	14,2	2580	86	115	27	100	4,7	76	341	342	869	<0,10	0,43	7,30	1,50	<0,05	<0,05
P3A	P3A media 21/22/23	6,9	15,5	2413	30	115	27	100	4,7	62	321	342	912	6,62	0,43	41,22	1,12		
P3A	P3A massimo 21/22/23	7,0	16,1	2800	86	115	27	100	4,7	76	341	342	982	7,10	0,43	108,00	1,50		
C3	C3 6/2/2023	7,2	13,5	1796	119	38	25	114	15,7	86	77	390	665	111,00	19,90	13,50	1,70	<0,05	<0,05
C3	C3 6/2/2023 ARTA	7,5		1269							79		817	446,00	30,60	1350,00		<0,05	<0,05
C3	C3 6/2/2023 INT. ARTA	7,2	13,5	1796	119	38	25	114	15,7	86	79	390	817	446,00	30,60	1350,00	1,70	<0,05	<0,05
PZ3	PZ3 6/2/23	7,0	14,5	3090	119	77	27	223	1,7	107	548	220	1058	105,00	2,20	2439,00	1,90	<0,05	<0,05
PZ3	PZ3 media 21/22/23	7,3	15,9	2446	11	113	126	353	6,5	111	528	220	1307	131,91	12,07	2478,39	2,78		
PZ3	PZ3 massimo 21/22/23	7,6	19,6	3920	119	150	180	430	8,7	118	646	220	1590	202,00	40,00	4460,00	3,06		
S3	S3 7/2018	7,6	16,5	1711	3	83	108	238	13,2	103	355	890	1130	930,00	7,08	520,00	0,46	<0,023	
S3	S3 6/2/2023	6,9	15,4	2550	140	70	27	173	3,5	99	333	293	938	748,00	3,00	116,00	1,50	<0,05	<0,05
C4A	C4A 6/2/2023	7,0	12,2	3106	130	189	27	305	2,8	147	430	1025	952	878,00	4,00	1848,00	4,00	<0,05	<0,05
C4B	C4B 6/2/2023	7,0	13,6	2806	92	113	26	230	1,2	96	442	586	985	176,00	7,00	16,80	4,00	<0,05	<0,05
C4C	C4C 6/2/2023	7,0	13,8	2590	110	95	26	191	1,9	93	274	439	939	92,40	9,70	18,60	2,70	<0,05	<0,05
Percolato P1	Perc P1 6/2/2023	7,7	20,8	6710	1606	88,2	78,6	428	26,9	689	118	366	2373	238	23,8	2738	127	<0,05	<0,05
Percolato P3A	Perc P3A 6/2/2023	8	20,3	25500	4601	620	120	3102	197	2704	377	5856	5709	28,9	350	7892	1203	<0,05	<0,05
Percolato P3B	Perc P3B 6/2/2023	8	20,8	29900	5400	690	106	3802	232	3319	57,4	7686	6987	41,3	406	4161	1495	<0,05	<0,05
Fosso F1	Fosso F1 6/2/2023	7,6	11,3	1240	70,2	79,5	21,4	21,4	1,4	34,7	94,7	366	220	13,2	1,1	17,9	<0,1	<0,05	<0,05
Fosso F2 Int ARTA	Fosso F2 Int ARTA	7,9	11,3	1330	66	67,2	22	61,6	1,5	37,9	99,3	317	233	20,7	1,2	26,6	<0,1	<0,05	<0,05
Fosso F3	Fosso F3 6/2/2023	8	11,2	1306	106	67	21,8	60,3	1,4	37,7	99,1	220	224	0,58	1	8	0,12	<0,05	<0,05
	csc										≤ 250		≤ 1000	≤ 50	≤ 10	≤ 200		≤ 0,5	≤ 0,15

16/43

Tabella 2.4 – Dati statistici mediani e massimi della serie storica di dati dal 2021 al 2023 e dati della campagna del febbraio 2023 integrati dalle Analisi di ARTA e da quelle del maggio 2023. Le caselle gialle sono relative ai superamenti della CSC.

Di seguito vengono riportati nell'ordine: il chimismo di base; le caratteristiche chimico-fisiche, le concentrazioni degli ioni principali e quelle degli ioni e delle sostanze che superano le CSC; la distribuzione spaziale di alcune caratteristiche chimico-fisiche, di alcuni ioni principali e degli ioni e delle sostanze che superano le CSC.

2.3.2 – Chimismo di base

Il chimismo di base è stato analizzato tramite i diagrammi di classificazione e confronto di Schoeller-Berkaloff a cui è stata aggiunta l'analisi della salinità totale delle acque espressa tramite la conducibilità elettrica a 25°C. Nelle figure da 2.7 a 2.10 sono riportati i risultati. Il chimismo di base, raggruppato per acque sotterranee e acque superficiali, evidenzia la presenza di 4 gruppi di acque nei quali lo ione più rappresentativo risulta essere il sodio:

- Il primo è costituito dai piezometri PZ5, PZ6, C5 (bordo Nord della discarica) che presentano chimismo Cloruro/Sodico e conducibilità elettrica variabile da 2200 a 3200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ circa.
- Il secondo è costituito dai piezometri C6, P2, P1 (bordo Sud Ovest della discarica e Argine Inferiore) che presentano chimismo Solfato/Sodico e conducibilità elettrica variabile da 9000 a 11000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ circa.
- Il terzo è costituito dai piezometri C1, C2, C7, C3 e C4 (aree marginali della discarica realizzati per l'individuazione del "bianco") che presentano chimismo Bicarbonato/Sodico e conducibilità elettrica variabile da 1800 a 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ circa e di circa 6000 nella zona marginale a Nord Est (piezometri C1 e C2).
- Il quarto è costituito dai piezometri PZ3, S3 e P3A (zona a Sud e Sud Ovest a valle dell'argine della discarica) che presentano chimismo intermedio tra i precedenti e di tipo Solfato-Bicarbonato/Sodico-Calcico e conducibilità elettrica variabile da 2600 a 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ circa.

17/43

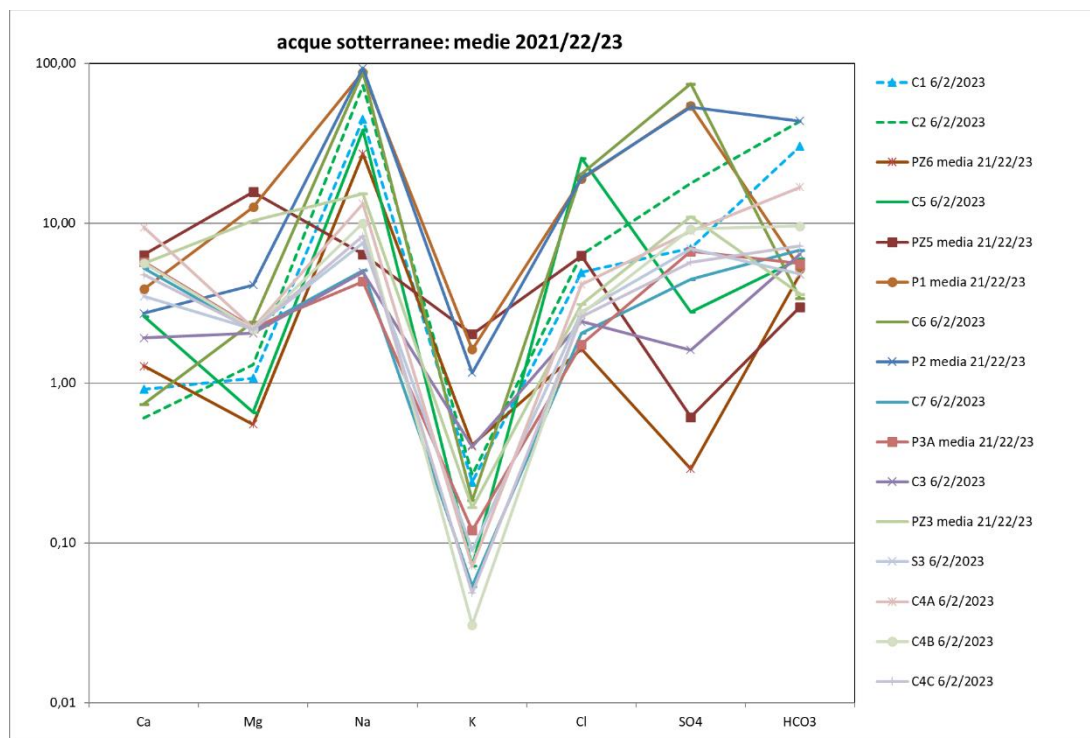


Fig. 2.7 - Diagramma di Schoeller Berkaloff (in meq/l) relativo ai valori medi di concentrazione delle acque sotterranee (periodo 2021 - 2023)

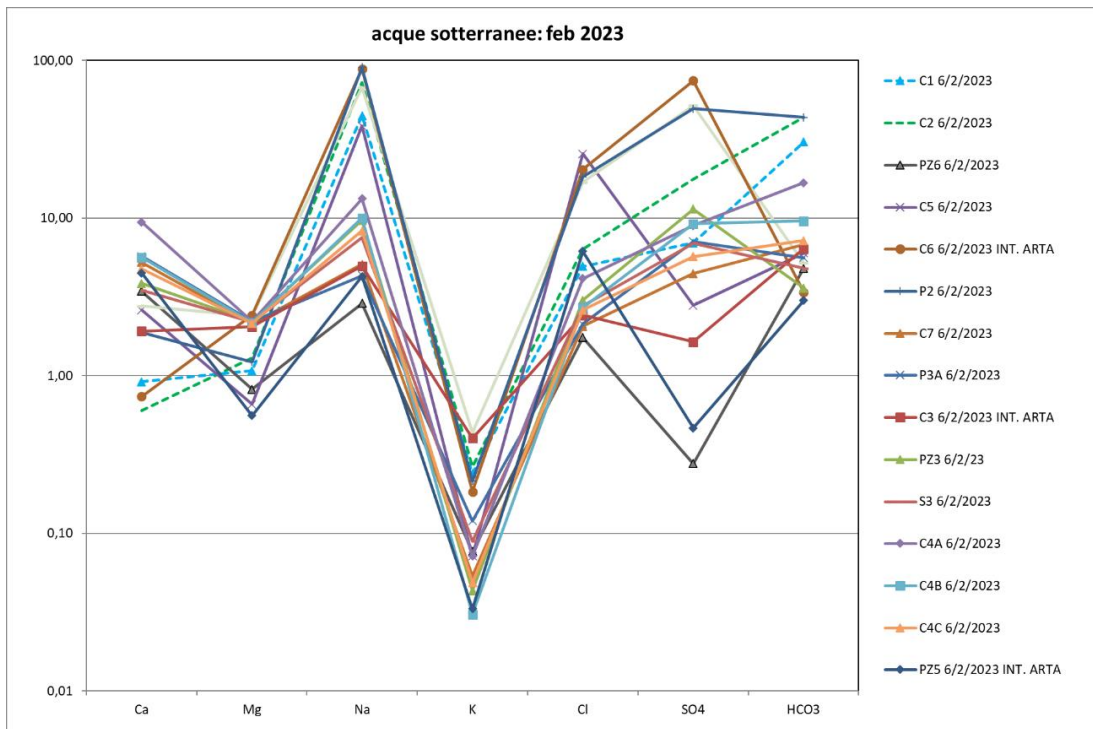


Fig. 2.8 - Diagramma di Schoeller Berkaloff (in meq/l) relativo alle analisi per la caratterizzazione di febbraio 2023

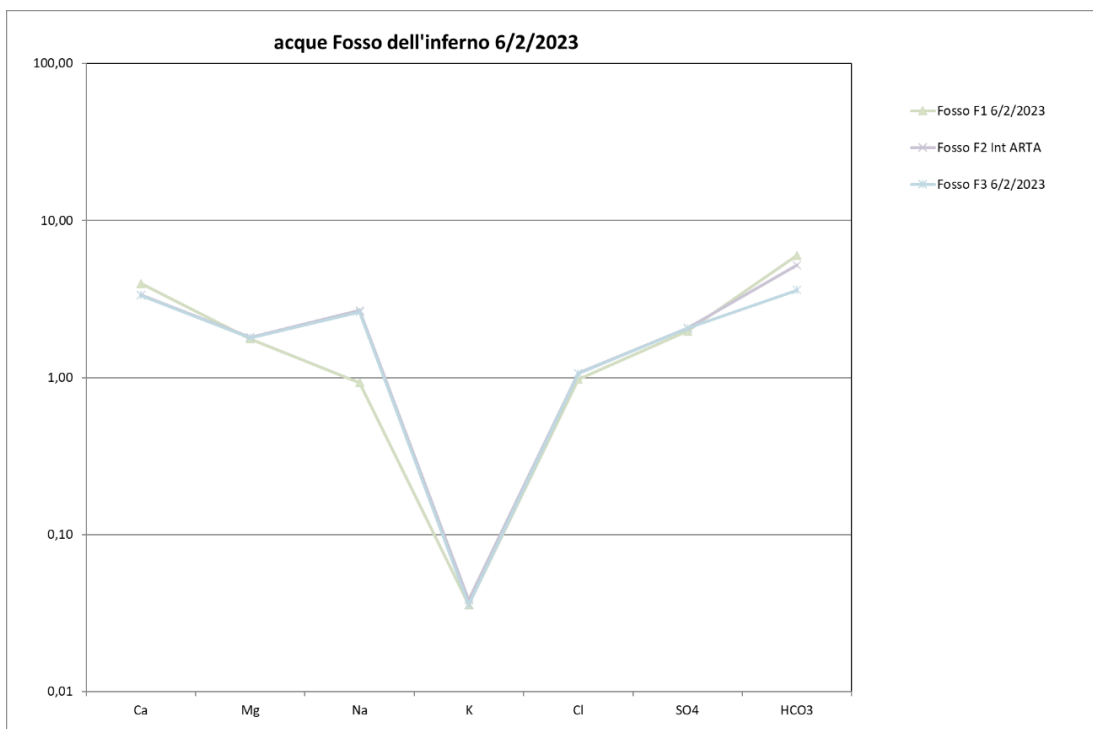
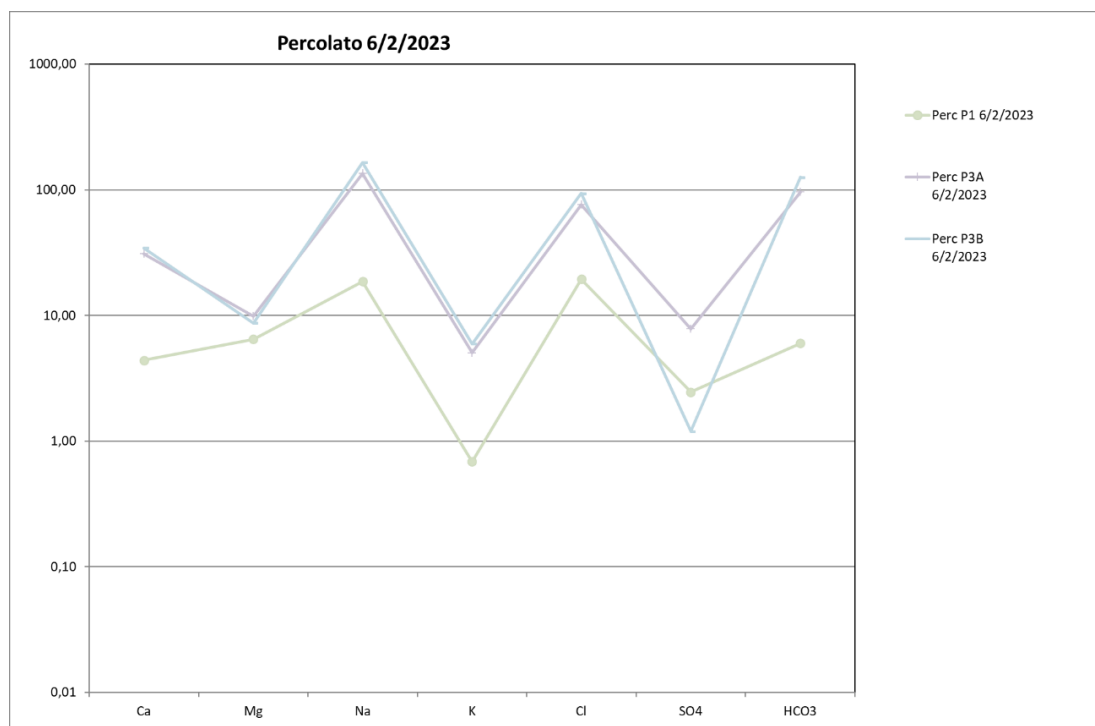


Fig. 2.9 - Diagramma di Schoeller Berkaloff (in meq/l) relativo alle acque del fosso dell'Inferno per la caratterizzazione di febbraio 2023

Le acque superficiali (Fig. 2.9) presentano chimismo bicarbonato/sodico-calcico ovvero, seppure con concentrazioni minori come lecito aspettarsi per delle acque superficiali, dello stesso tipo del

terzo gruppo di acque sotterranee sopra elencato (piezometri C1, C2, C7, C3 e C4, marginali alla discarica).

La classificazione di Scholler Berkaloff del percolato (Fig. 2.10) prelevato nei tre pozzi del percolato disponibili relativa alla campagna di analisi complete del febbraio 2023 (ubicazione in figura 2.1), evidenzia un chimismo Bicarbonato-Cloruro/Sodico con concentrazioni molto più alte di qualsiasi tipo di acqua sopra descritto. La relativa minor concentrazione in SO_4 è probabilmente da relazionare agli equilibri redox che si verificano nel percolato che tendono a ridurre le specie chimiche come SO_4 in S^{2-} , così come i NO_3 in NH_4 la CO_2 in CH_4 etc.



19/43

Fig. 2.10 - Diagramma di Schoeller Berkaloff (in meq/l) relativo al percolato per la caratterizzazione di febbraio 2023

2.3.3 – Contaminanti e loro distribuzione

In tabella 2.4 sono riportate le caratteristiche chimico-fisiche, le concentrazioni degli ioni principali, e quelle degli ioni e delle sostanze che superano le CSC, nei piezometri interessati alla caratterizzazione (la cui ubicazione è riportata in fog. 2.1). I dati sono relativi alla campagna di prelievi del 6/2/2023 eseguita dal laboratorio Ecoservizi, alla stessa campagna eseguita da ARTA, alla integrazione delle precedenti due considerando il risultato più cautelativo tra esse, alla media del monitoraggio relativo agli anni 2021, 2022 e primo mese del 2023, al massimo valore di tutte le campagne sopra elencate.

La distribuzione dei valori superiori alle CSC evidenzia:

- Superamenti da Cloruro di Vinile in PZ5, PZ6 e P1. L'attuale situazione (al 6/2/2023) vede la presenza certa di Cloruro di Vinile solo in PZ5.
- Superamenti in Dicloropropano attualmente solo in PZ5 e storicamente in P1.
- Superamenti in SO4 pressoché in tutti i piezometri in tutte le campagne ad eccezione di PZ5, PZ6 e C5 e C3
- Superamenti in Boro pressoché in tutti i piezometri in tutte le campagne. Va sottolineato che in alcuni piezometri (C7, P3A, C3, S3 e C4 A,B,C) i valori sono inferiori alla CSC ma comunque alti. In alcuni piezometri C6, P1, P2, PZ6, nonché C1 e C2, i valori sono di diverse migliaia di microg/l.
- I superamenti in Mn e Fe mostrano distribuzioni simili con superamenti nei piezometri PZ5, P1, PZ3, C3, C4 e C7. Valori elevatissimi in Fe sono stati riscontrati in P1, P2, C3, PZ3.
- Valori superiori alla CSC in As sono stati riscontrati in PZ6, C5, C6, C3 e PZ3. Valori tra i più elevati sono stati riscontrati in C1 e C2.

Una migliore comprensione dei superamenti sopra sintetizzati è possibile dall'analisi della distribuzione spaziale riportata nelle figure da 2.11 a 2.17.

La distribuzione del Cloruro di Vinile (in fig. 2.11, molto simile a quella del Dicloropropano) mostra la presenza di contaminazione al bordo Nord della discarica.



Fig. 2.11 – Distribuzione areale del Cloruro di Vinile nelle acque sotterranee nella campagna del febbraio 2023

La distribuzione dei Solfati (Fig. 2.12) mostra elevati valori al bordo Sud Ovest della discarica, nella zona a sud e Sudovest dell'argine della discarica, nonché nelle aree marginali della discarica nei piezometri realizzati per l'individuazione del "bianco" a nord est e sud ovest della discarica, incluso i piezometri C1 e C2.

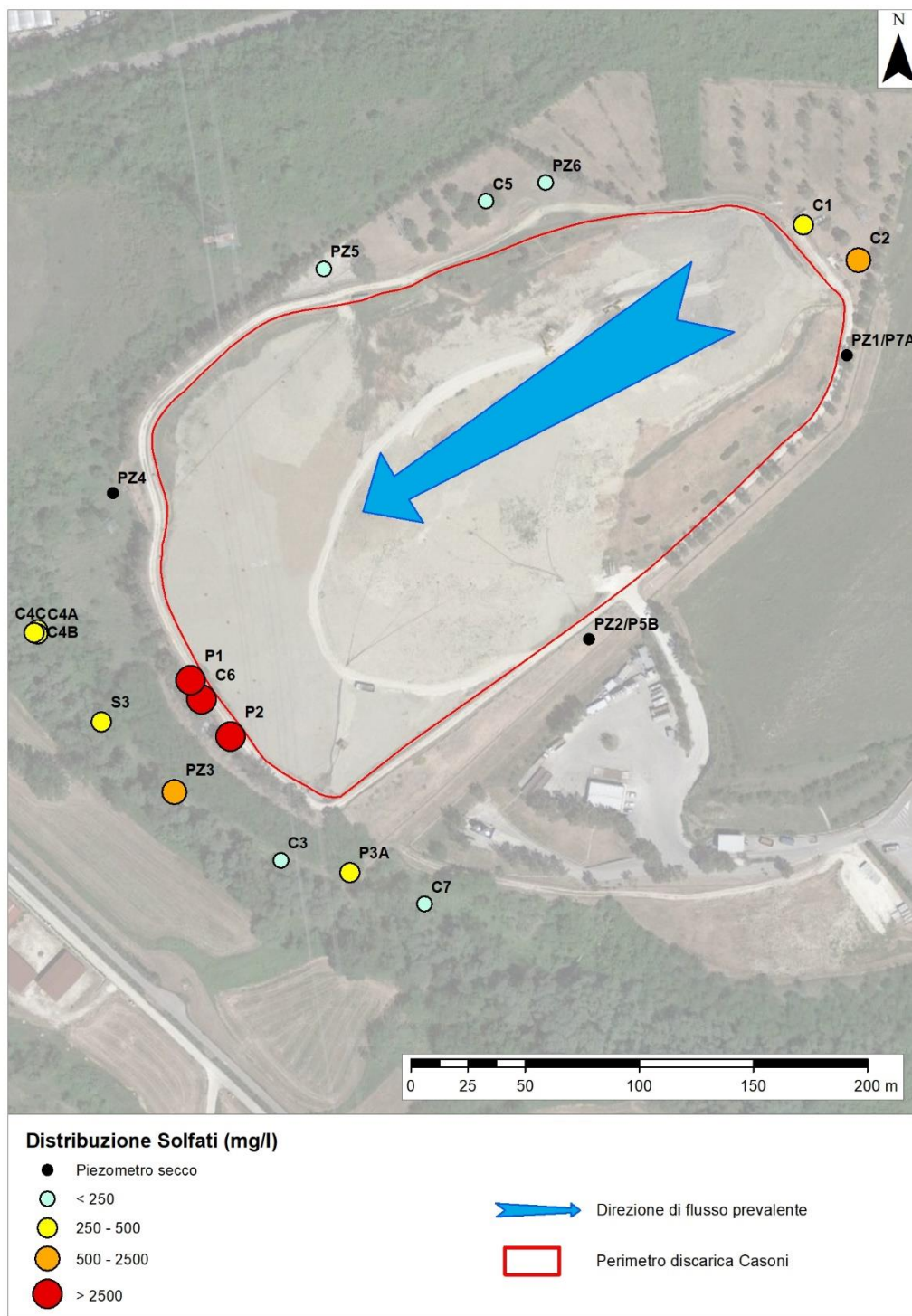
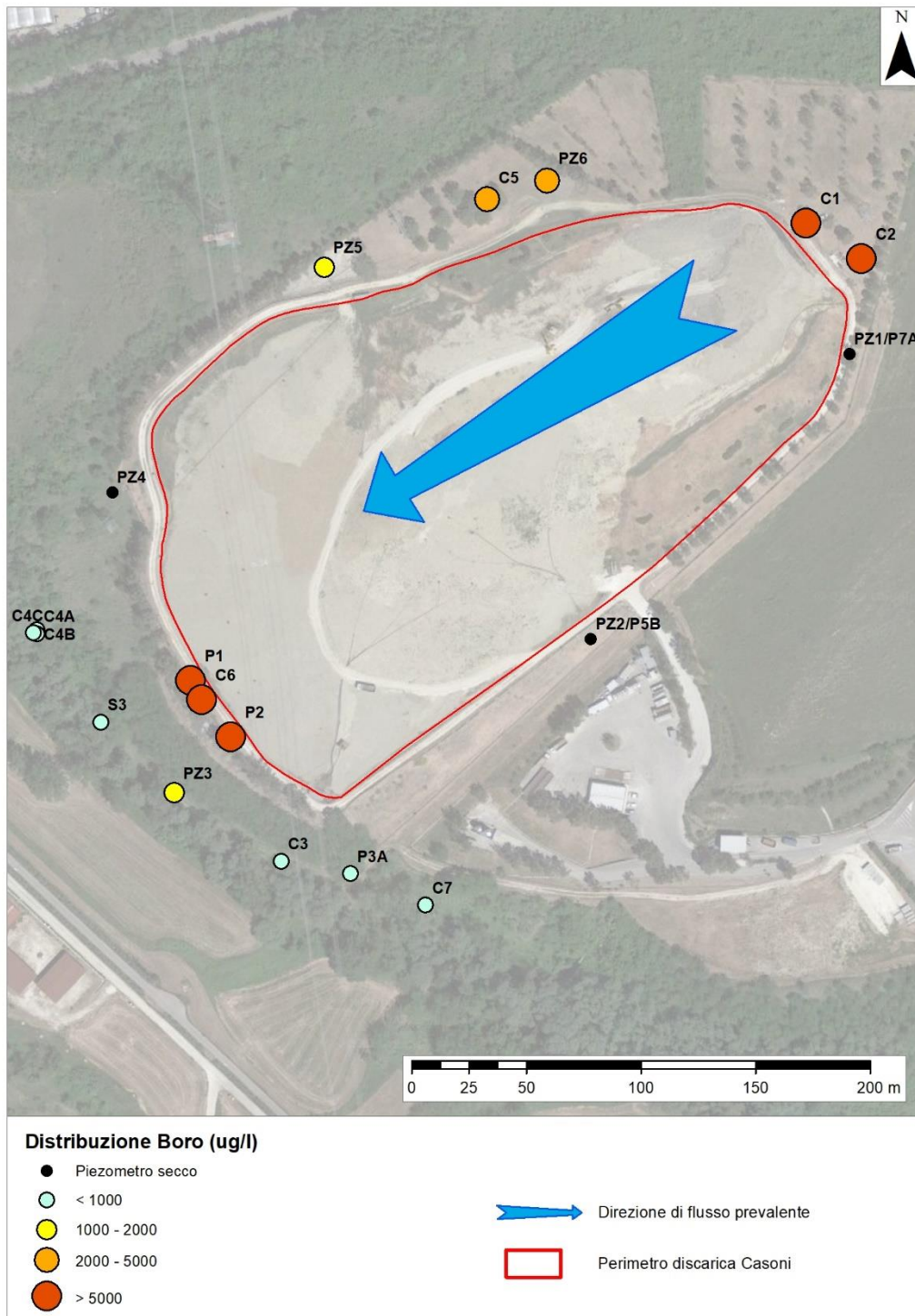


Fig. 2.12 – Distribuzione areale dei solfati nelle acque sotterranee nella campagna del febbraio 2023

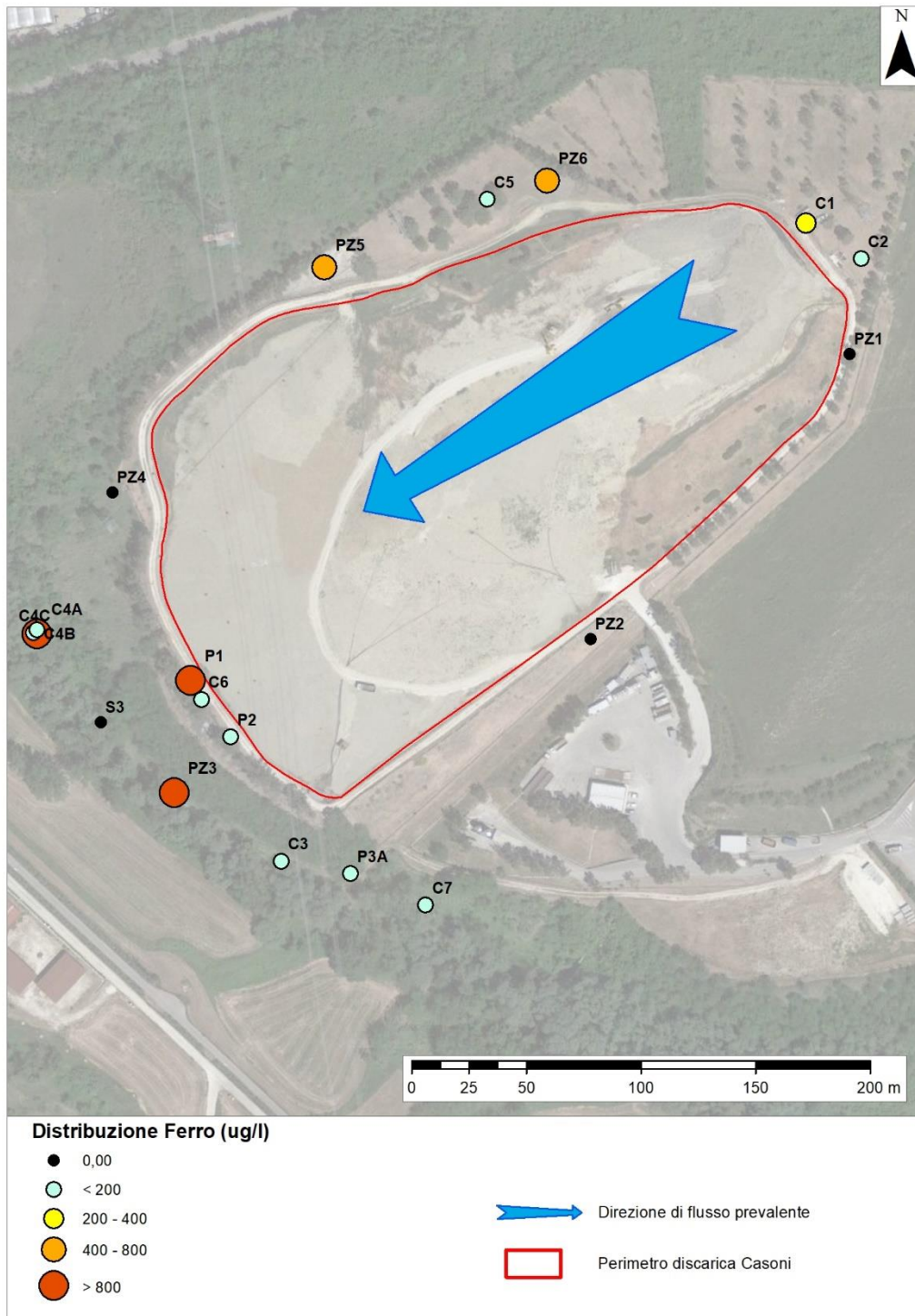
La distribuzione del Boro (Fig. 2.13) evidenzia una distribuzione pressoché ubiquitaria con massimi in corrispondenza del bordo Nord Est (C1 e C2) alto piezometrico, in corrispondenza delle aree contaminate di Nord Ovest (PZ5, PZ6 e C5) e Sud Ovest (P1, P2 e C6) ed in corrispondenza dell'area esterna all'argine a Sud e Sud Ovest (C7, P3A, C3, PZ3, S3, C4A-B-C). In quest'ultima con valori inferiori alla CSC ma comunque alti (da circa 820 a 980 microg/l).



23/43

Fig. 2.13 – Distribuzione areale del Boro nelle acque sotterranee nella campagna del febbraio 2023

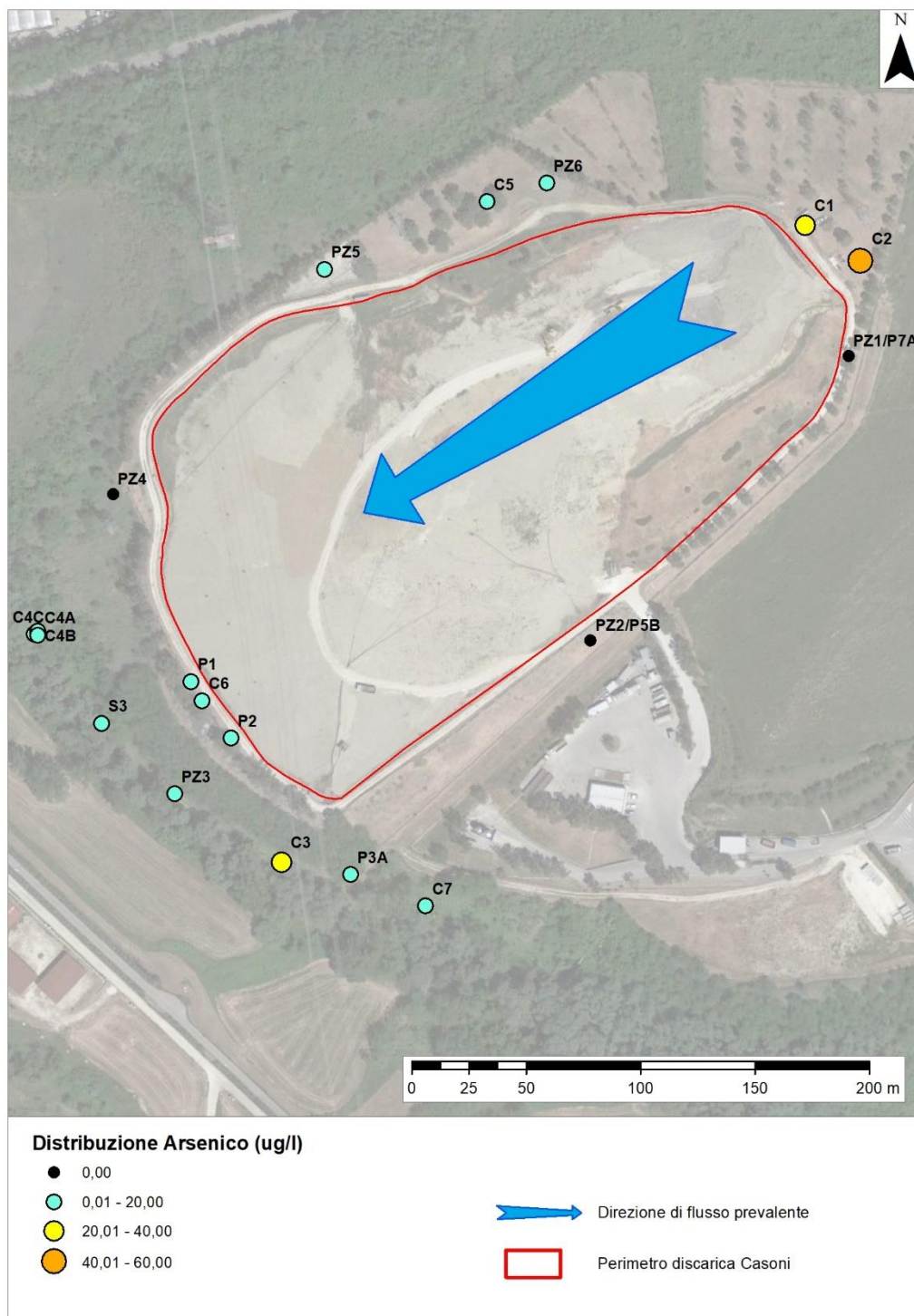
La distribuzione del Fe e del Mn (figura 2.14) evidenzia superamenti certi nell'area di nord ovest (PZ5) e Sud Ovest dell'argine all'esterno della discarica (C4B drenante tra 3÷6 m). Valori elevati sono stati riscontrati anche al bordo sud della discarica (PZ3).



24/43

Fig. 2.14 – Distribuzione areale del Ferro nelle acque sotterranee nella campagna del febbraio 2023 con integrazione del maggio 2023

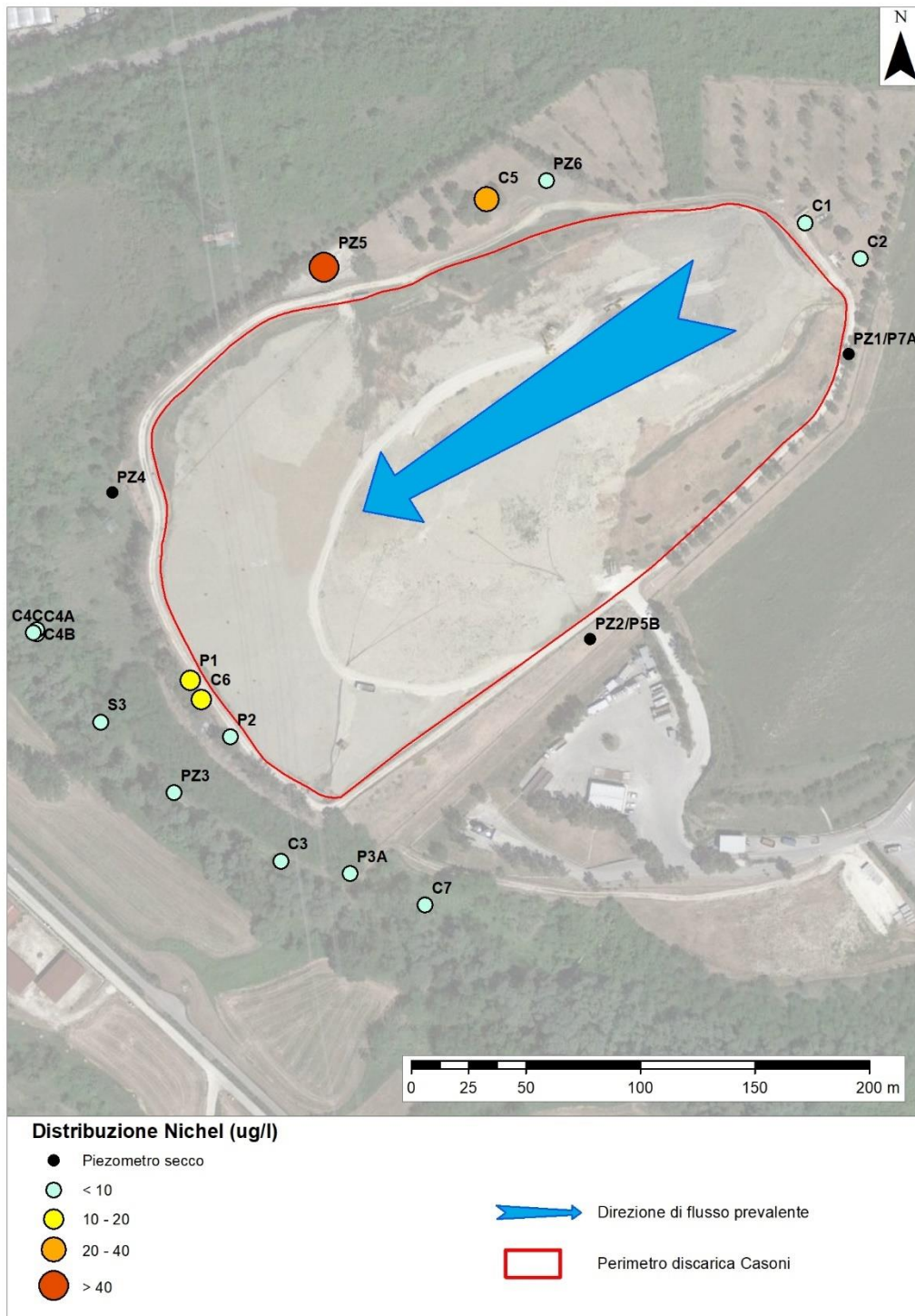
La distribuzione dell'As (Fig. 2.15) vede la presenza di elevati superamenti nei piezometri della zona Nord Est (alto piezometrico). Zona nella quale, si veda a tal proposito il paragrafo 2.4, sono stati riscontrati valori elevati anche nei terreni, ma comunque inferiori alle CSC di colonna B, ad alte profondità (19 e 39 m in C1 e 17 e 24 m in C2). Si rilevano valori debolmente superiori alla CSC nelle zone certamente contaminate di Nord Ovest e Sud Ovest e nel piezometro C3.



25/43

Fig. 2.15 – Distribuzione areale dell’Arsenico nelle acque sotterranee nella campagna del febbraio 2023

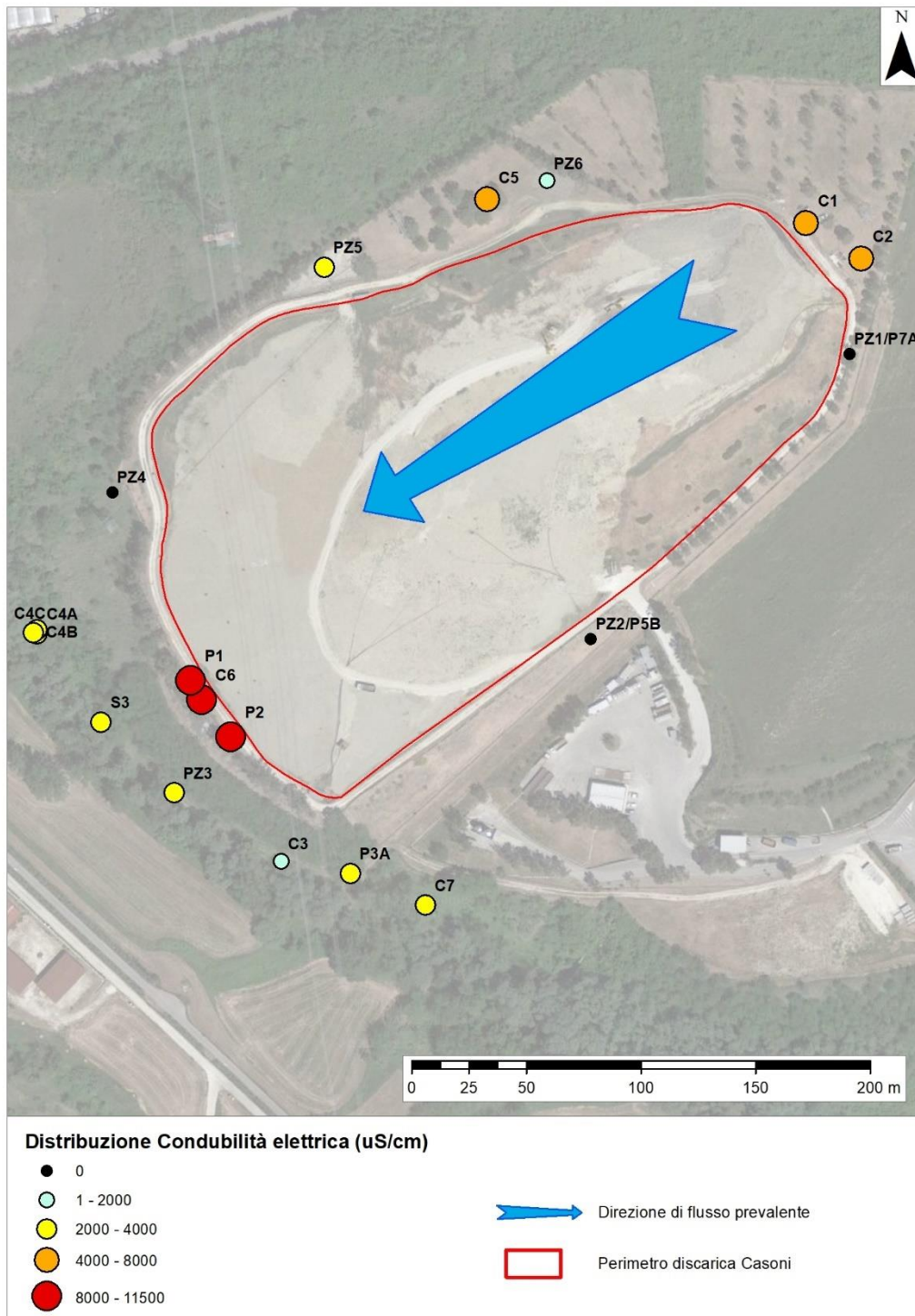
La distribuzione del Ni (Fig. 2.16) evidenzia superamenti della CSC solo nella zona contaminata di Nord Ovest (PZ5, C5).



26/43

Fig. 2.16 – Distribuzione areale del Nichel nelle acque sotterranee nella campagna del febbraio 2023

Tenuto conto di quanto emerso dalla analisi del chimismo di base (paragrafo 2.3.2) è stata ricostruita la distribuzione spaziale della Conducibilità Elettrica delle acque (Fig. 2.17) dalla quale emerge la presenza di acque ad alta conducibilità, oltre che nella zona dei piezometri contaminati a Sud Ovest (P1, P2 e C6) e in parte nella zona a Nord (PZ5, PZ6 e C5), anche nella zona di alto piezometrico esterna alla discarica (C1 e C2). A valle della discarica a Sud ed a Sud Ovest si riscontrano comunque valori elevati ma non tanto quanto quelli a nord est.



27/43

Fig. 2.17 – Distribuzione areale della Condubilità elettrica nelle acque sotterranee nella campagna del febbraio 2023

In considerazione dei dati sin qui esposti sul chimismo, sui contaminanti e sulla distribuzione spaziale degli uni e degli altri, è stato eseguito un approfondimento della distribuzione tramite istogrammi di concentrazione raggruppando le acque per posizione e concentrazione sia di ioni contaminanti indice che di ioni non contaminanti. Nelle figure 2.18 e 2.19 sono riportate le concentrazioni degli ioni contaminanti indice e di alcuni ioni non contaminanti delle acque

presenti e raggruppate secondo la seguente zonazione a partire dall'alto piezometrico verso il basso piezometrico rappresentato dal potenziale imposto del Fosso dell'Inferno:

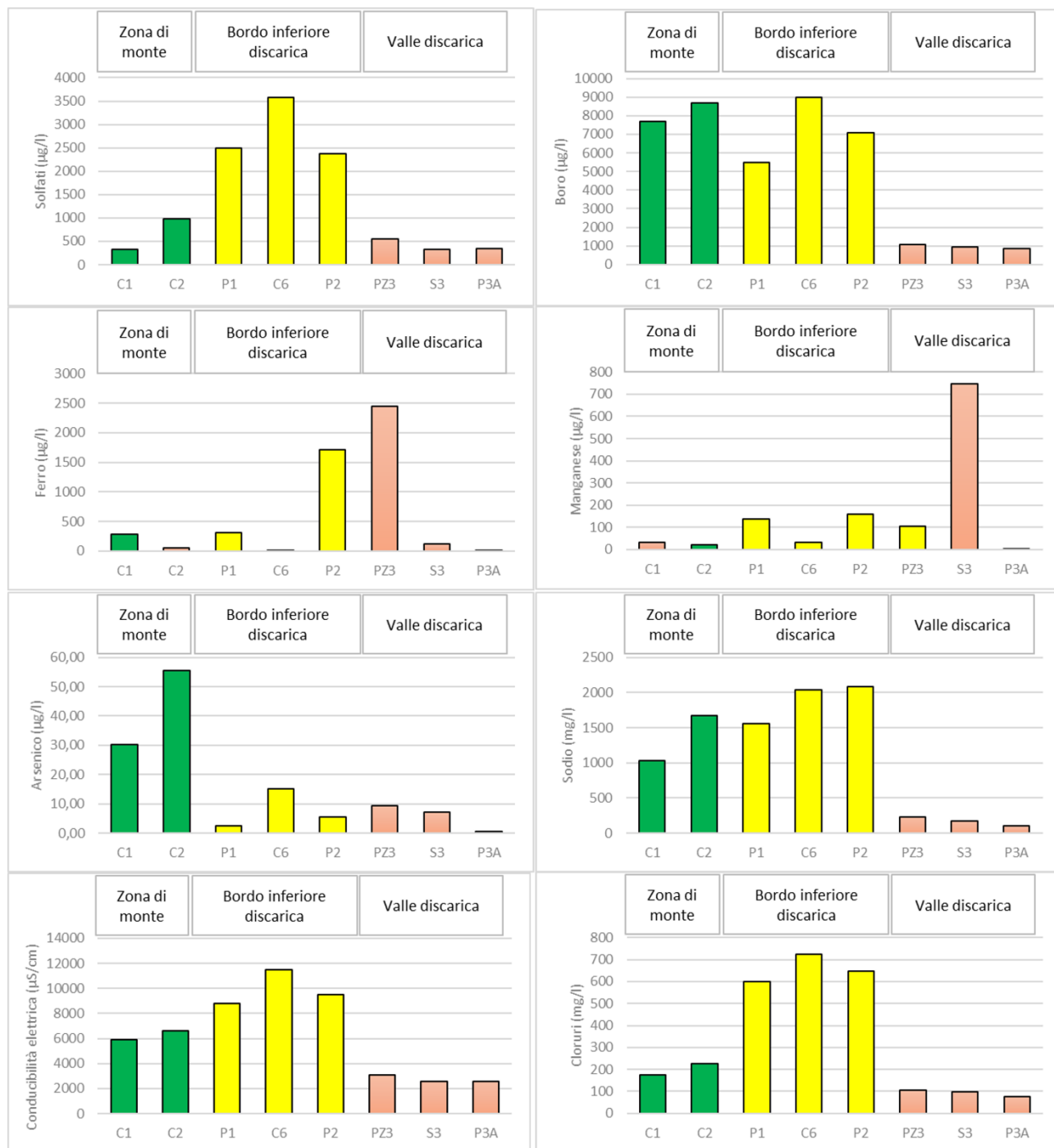
- zona esterna alla discarica a Nord Est della stessa in zona di alto piezometrico (piezometri C1 e C2) d'ora in avanti "Monte Discarica";
- zona di argine Sud Ovest della discarica certamente contaminata (piezometri P1, P2 e C6) d'ora in avanti "Bordo Inferiore Discarica";
- zona esterna all'argine a Sud Ovest della discarica in prossimità del Fosso dell'Inferno (piezometri PZ3, S3 e P3A) d'ora in avanti "Valle Discarica".

Le due figure rappresentano le concentrazioni rilevate nella campagna del febbraio 2023 (Fig 2.18) e le medie delle campagne disponibili per il periodo 2021 – 2023 (Fig. 2.19). Per alcuni dei punti analizzati (C1, C2 e C6), perforati ed attrezzati nel febbraio 2023, le due campagne coincidono.

Gli istogrammi sintetizzano quanto già descritto nei paragrafi precedenti e cioè che gli ioni contaminanti appaiono già ad alta concentrazione e quasi sempre superiori alla CSC già a Monte Discarica nella zona di alto piezometrico; le concentrazioni aumentano ulteriormente al Bordo Inferiore della discarica; a Valle Discarica le concentrazioni diminuiscono fino a valori inferiori a quelli del Monte Discarica. Per alcuni ioni come il Boro e l'Arsenico le concentrazioni a Monte Discarica sono confrontabili o superiori a quelli del bordo inferiore della discarica.

A riprova dell'assetto sopra descritto sono stati riportati anche le concentrazioni di Na e Cl che presentano esattamente la stessa distribuzione. Tale tipo di distribuzione è ben sintetizzata dall'andamento della conducibilità elettrica.

28/43



29/43

Fig. 2.18 - Concentrazioni relative alla campagna del febbraio 2023 degli ioni contaminanti e di alcuni ioni non contaminanti nelle acque sotterranee, raggruppate secondo una zonazione a partire dall'alto piezometrico verso il basso piezometrico rappresentato dal potenziale imposto del Fosso dell'Inferno.

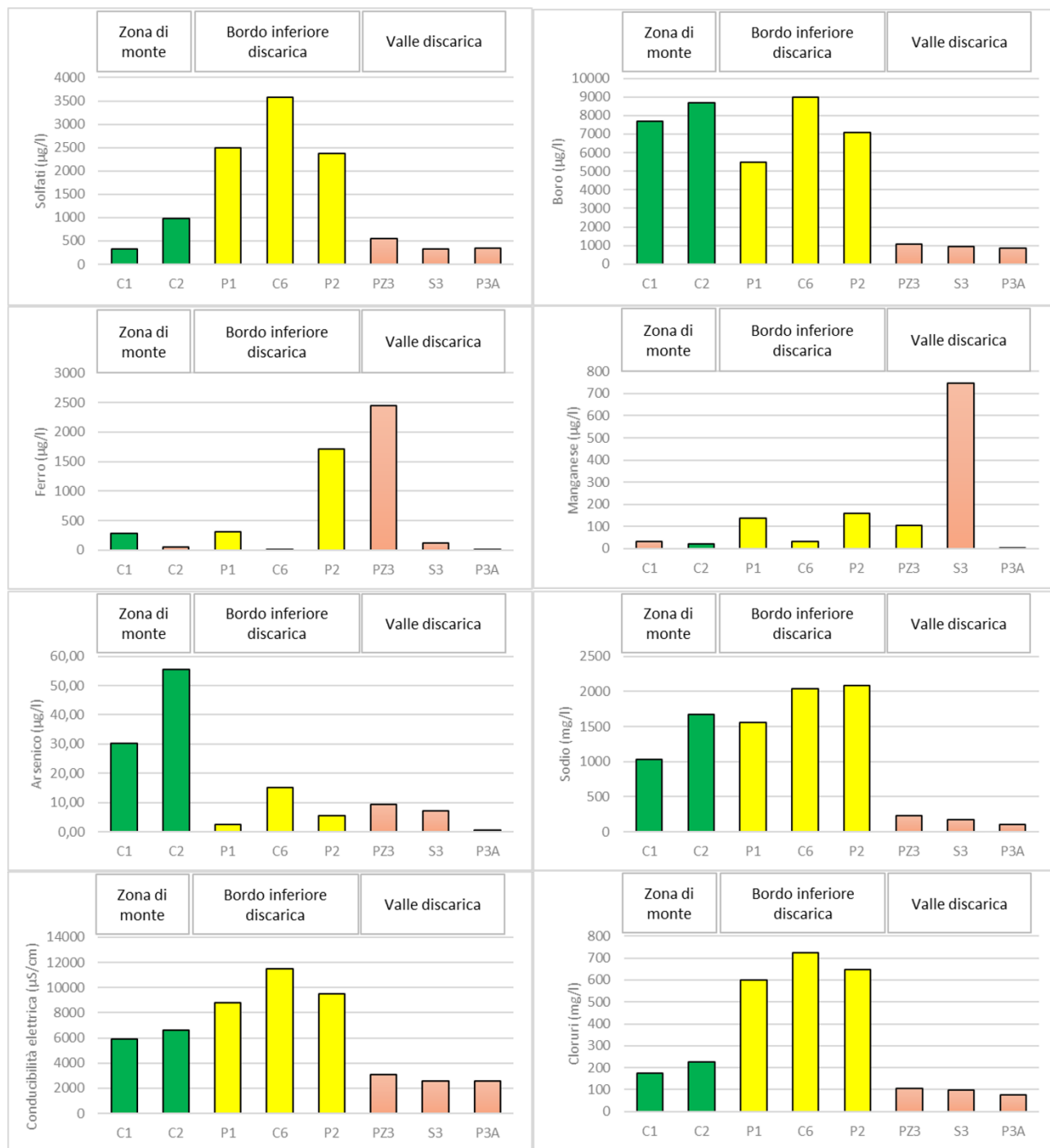


Fig. 2.19 - Concentrazioni relative al periodo 2021 – 2023 degli ioni contaminanti e di alcuni ioni non contaminanti nelle acque sotterranee, raggruppate secondo una zonazione a partire dall'alto piezometrico verso il basso piezometrico rappresentato dal potenziale imposto del Fosso dell'Inferno.

2.3 – Caratterizzazione chimica delle acque superficiali

Rispetto al Bordo inferiore della Discarica, le acque superficiali sono state campionate sul Fosso Valle dell'inferno a monte ed a valle dell'Argine della discarica (si veda la figura 2.1 per l'ubicazione).

I risultati ottenuti, integrati dalle analisi di ARTA, hanno evidenziato (tabella 2.4) un chimismo tipico di acque superficiali con valori di Conduttività Elettrica di circa 1300 microS/cm e totale assenza di contaminanti a prescindere dalle CSC anche in relazione ai valori validi per le acque sotterranee.

Anche le concentrazioni di ioni caratteristici delle acque sotterranee come Na e Cl non evidenziano anomalie.

Relativamente al confronto delle concentrazioni di analiti ricercati nelle acque superficiali con i limiti di cui alla Tabella 1/A e Tabella 1/B di cui alla Parte Terza del D.Lgs. 152/06 e s.m.i., riportato nell'Annesso 8 "Tabelle riepilogo acque superficiali", non si rilevano superamenti dei limiti ivi riportati.

2.4 – Caratterizzazione chimica dei terreni

La caratterizzazione dei terreni è stata espletata tramite i prelievi previsti dalla normativa che hanno consentito di analizzare da tre a quattro campioni per ogni sondaggio eseguito. Sugli stessi sono stati ricercati gli analiti di cui alla Tabella 1 Parte IV Titolo V del D.Lgs. 152/06 e s.m.i., le cui concentrazioni sono state confrontate, come previsto al paragrafo 3.4 del Piano di Caratterizzazione approvato, con i limiti indicati nella colonna B previsti per siti ad uso commerciale/industriale.

Inoltre, sui campioni di terreno sopra indicati, è stato effettuato il test di cessione in acqua, confrontando le concentrazioni rilevate sull'eluato con i limiti di cui all'allegato 3 al D.M. 05.02.1998 e s.m.i.

Nell'Annesso 2 sono riportati i Certificati di prova, nell'Annesso 6 "Tabelle riepilogo Analisi Terreni" sono riportati gli stessi in forma tabellare. Nelle figure 2.20 e 2.21 sono riportati in forma grafica rispettivamente i risultati per l'analisi dei terreni e il test di cessione. Sebbene non riconducibile ad una procedura standardizzata, i risultati ottenuti, oltre ad evidenziare generalmente l'assenza di contaminazioni superiori alle CSC di colonna B, vengono qui discussi anche in relazione al contenuto naturale. In particolare, le Figg. 2.20 A e B sulle analisi del terreno evidenziano la presenza di:

- concentrazioni da 15 a 20 g/Kg di Fe in tutti i sondaggi ed a tutte le profondità;

- concentrazioni poco variabili attorno a 0,5 g/Kg di Mn in tutti i sondaggi e a tutte le profondità;
- concentrazioni in Boro sempre superiori a 0,1 g/Kg con punte di 0,2 g/Kg in C1 e C2 (Monte Discarica), in C5 e C6 (bordo Nord e Argine Inferiore) e superiori a 0,15 in C7 (Monte Discarica nella porzione bassa della discarica);
- concentrazioni pressoché costanti in tutti i sondaggi ed a tutte le profondità di As e Ni rispettivamente variabili attorno a 15 mg/Kg di As con punte di 24 mg/Kg in C4 (Valle Discarica) e di 40 mg/Kg di Ni con punta di 49 mg/Kg in C2 (Monte Discarica) a 10 m di profondità;
- concentrazioni in solfati elevate nei piezometri esterni alla discarica a monte piezometrico (C1 e C2) ma anche a valle in C7, oltre che in C6 sull'argine costituito da materiale di riporto.



Fig. 2.20 A – Concentrazioni di ferro, manganese e boro nei terreni prelevati nei sondaggi

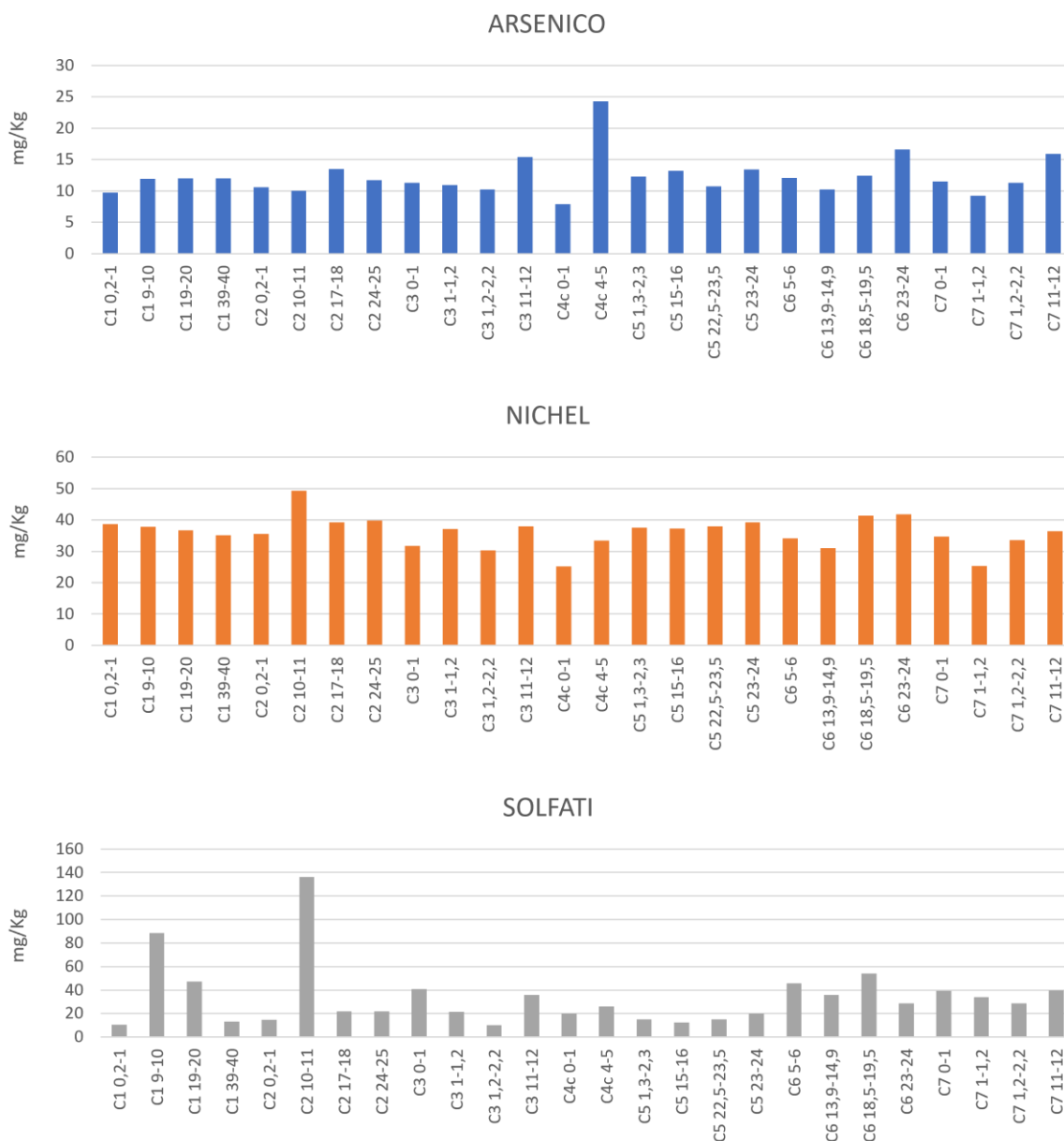


Fig. 2.20 B - Concentrazioni di arsenico, nichel e solfati nei terreni prelevati nei sondaggi

Per quanto attiene agli esiti del test di cessione, si rilevano superamenti dei limiti di cui all'Allegato 3 al D.M. 05.02.1998 limitatamente all'analita Arsenico nei sondaggi C1 (profondità 19-20 m e 39-40 m) e C2 (profondità 17-18 m e 24-25 m).

Anche i risultati del test di cessione vengono qui discussi in relazione al contenuto naturale come sintetizzato nella figura 2.21 dalla quale si evidenzia:

- picchi di rilascio di Solfati in C1 e C2 (Monte Discarica), in C6 (Argine Inferiore), in C7 (Monte Discarica nella porzione bassa);
- picchi di rilascio di Boro in C1 e C2 (Monte Discarica), in C5 e C6 Bordo Nord e Argine Inferiore) ed in C7 (Monte Discarica nella porzione bassa);

- rilasci di Fe molto variabili anche all'interno dello stesso sondaggio ma con picchi in C1 a 39 – 40 m di profondità, in C3, C4 e C6;
- da sottolineare l'elevato rilascio di As (fino a 43,6 microg/l) nei campioni più profondi a monte discarica (19 e 39 m in C1 e 17 e 24 m in C2), in concentrazioni superiori ai limiti di cui all'Allegato 3 al D.M. 05.02.1998 e s.m.i.

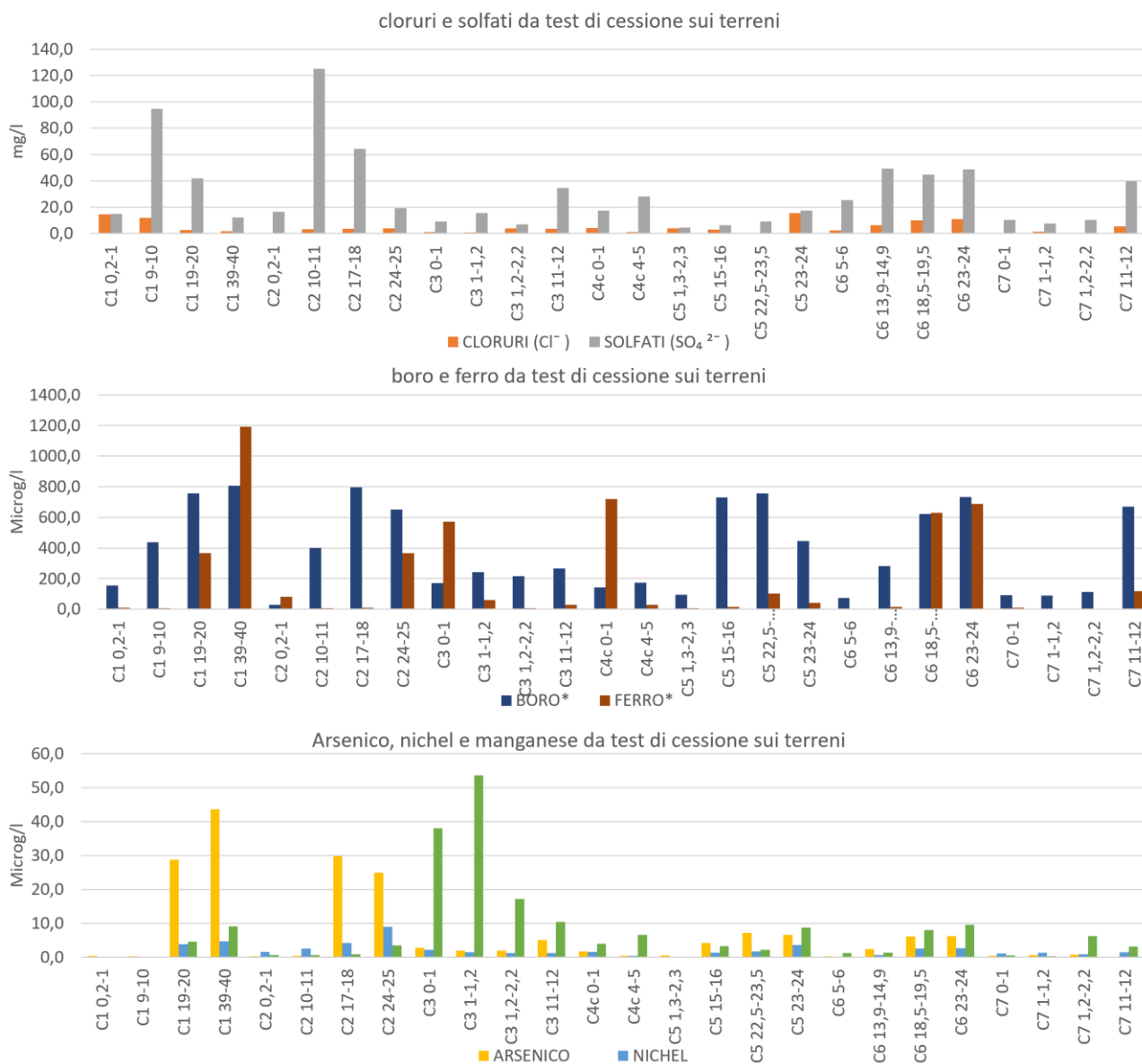


Fig. 2.21 – Grafici dei test di cessione eseguiti sui terreni prelevati nei sondaggi

In sintesi, l'analisi dei terreni, riferita ai contaminanti presenti nelle acque sotterranee, esplicitata tramite analisi dei terreni e Test di Cessione, hanno messo in evidenza la presenza e la capacità di rilascio di Solfati, Boro, Ferro, Arsenico nei terreni prelevati sia nei sondaggi in zone chiaramente contaminate (C6 all'argine Inferiore), che in zone esterne o ai bordi (Monte Discarica in C1, e C2 e Monte Discarica porzione bassa in C7), nonché a valle discarica (C4).

2.5 – Caratterizzazione chimica del percolato

Come previsto nel Piano di caratterizzazione approvato, la trattazione dei dati di seguito riportata è stata eseguita con puri obiettivi idrogeochimici; pertanto, i campioni di percolato prelevati nei pozzi P1, P3A, P3B e dai serbatoi di stoccaggio 1 e 2 sono stati analizzati come acqua sotterranea, per favorire il confronto analitico con le acque sotterranee stesse e dunque utilizzando gli stessi limiti analitici di rilevabilità.

Nell'annesso 2 sono riportati i relativi certificati analitici.

Ai fini della caratterizzazione del percolato come rifiuto, nell'annesso 2 sono riportati anche i certificati analitici di n. 2 campioni prelevati ed analizzati nella discarica di Casoni, rispettivamente a dicembre 2022 e febbraio 2023, periodo contestuale all'esecuzione delle indagini di cui Piano di Caratterizzazione approvato. Le risultanze analitiche hanno evidenziato che i campioni di percolato prodotto è classificato come "rifiuto speciale non pericoloso" con codice EER attribuito 19 07 03.

Sempre con riferimento alla caratterizzazione chimica del percolato, al momento della predisposizione della presente relazione, non si dispone delle risultanze analitiche dei campioni prelevati da ARTA in occasione del campionamento del 12.12.2022.

4 – ANALISI DELLE ANOMALIE CHIMICHE E DELLE CONTAMINAZIONI

In tabella 2.4 sono riassunte le concentrazioni in relazione alle CSC nei piezometri analizzati, nelle acque del Fosso dell'Inferno e nel percolato sia per i dati storici (per i quali sono riportati i valori mediani e massimi di concentrazione) che per la campagna completa del febbraio 2023 integrata da quella di ARTA e da quella del maggio 2023 per Fe e Mn. La tabella analizzata nel suo complesso mostra un quadro generale della distribuzione delle concentrazioni superiori alle CSC che sono state riscontrate per i seguenti ioni/composti: Cloruro di Vinile; 1,2-Dicloropropano; SO₄; Fe; Mn; As; Ni; B.

La distribuzione dei superamenti della CSC delle specie redox sensibili, quali SO₄, Fe, Mn e As, e del B, che ad essi si accompagna quanto a genesi, evidenzia una diffusione pressoché costante in tutti i piezometri e quasi sempre ben al di sopra delle CSC o in prossimità di essa. Prova ne sia il fatto che superamenti della CSC si riscontrano anche nei piezometri esterni alla discarica sia in senso topografico che, soprattutto, piezometrico. Per tale motivo, l'analisi in relazione ai superamenti delle CSC è stata fatta dando importanza decrescente ai composti organo-clorurati e agli ioni e metalli redox sensibili.

- Il bordo Nord della discarica individuato dai piezometri PZ6, C5 e PZ5 risulta contaminato da Cloruro di Vinile e da 1,2 Dicloropropano da dati storici, mentre lo è dalla indagine corrente limitatamente al PZ5. Elevati e superiori alle CSC sono anche le concentrazioni di Boro, Ferro e Nichel (Tb. 2.4 e Figg. 2.11, 2.13, 2.14 e 2.16)

36/43

- L'argine a Sud Ovest della discarica individuato dai piezometri P1, P2 e C6 evidenzia la presenza di Cloruro di Vinile e 1,2 Dicloropropano con superamento della CSC solo in P1. Elevati, con superamenti delle CSC, anche i valori di Solfati, Boro, Manganese e Ferro (Tab. 2.4 e Figg. 2.11, 2.12, 2.13, 2.14).

Le due zone sopra sintetizzate sono le uniche in cui sono presenti, talora con superamenti delle CSC, contemporaneamente contaminanti organici, metalli, metalloidi e solfati.

- Il bordo esterno a Nord-Est della discarica, caratterizzato dall'alto morfologico e piezometrico dell'intera area di studio (Fig. 2.6), individuato dai piezometri C1 e C2, evidenzia l'assenza di sostanze organiche e la presenza di acque mineralizzate con elevati contenuti (fino a ben oltre la CSC) di Boro, Solfati, Arsenico e in minor misura di Ferro (Figg. 2.12, 2.13 e 2.15). Nei terreni analizzati in C1 e C2 risultano presenti elevati valori proprio di Solfati, Boro, Arsenico (Figg. 2.20 A e B), mentre dal test di cessione risultano valori elevati di rilascio ancora una volta di Solfati, Boro, Ferro e Arsenico (Fig. 2.21). Per quest'ultimo sono stati riscontrati valori superiori ai limiti indicati nell'Allegato 3 al D.M. 05.02.1998.

- Il bordo Sud della discarica idrodinamicamente esterno alla discarica (Fig. 2.6), individuato dai piezometri C7 e P3A evidenzia superamenti delle CSC per i solfati e valori prossimi alle CSC di Boro (Figg. 2.12 e 2.13). Il contenuto in Solfati, Boro, Arsenico, Ferro Manganese e Nichel nei terreni sono confrontabili con tutti gli altri prelievi (Fig. 2.20 A e B), mentre il test di cessione (Fig. 2.21)

evidenza elevati rilasci proprio di Solfati e Boro soprattutto nei campioni a massima profondità in C7.

Le due zone sopra descritte sono quelle idrodinamicamente esterne alla discarica (Fig. 2.6) e mostrano superamenti delle CSC per i solfati e alti contenuti in Boro. Corrispondentemente si osserva una elevata capacità di rilascio nei terreni proprio di solfati e Boro.

- La zona a valle della discarica, esterna all'argine di Sud-Ovest, individuata dai piezometri C3, PZ3, S3, e C4, non evidenzia la presenza di contaminanti organici (nonostante la vicinanza ed il collegamento idraulico con l'argine (P1, P2 e C6). Di contro presentano tutti valori superiori alle CSC (Fig. da 2.11 a 2.15) per i Solfati, il Manganese, il Ferro, valori superiori o prossimi alle CSC per il Boro e valori superiori alle CSC per l'Arsenico in PZ3 e C3 e prossimi alla CSC nel campione più profondo del C4 (9-12 m dal p.c.). L'analisi dei terreni mette in evidenza un contenuto superiore alla media di As nel piezometro C4 a 3-4 m di profondità (Fig. 2.20B), mentre il Test di Cessione evidenzia un generale maggior rilascio rispetto alla media di Solfati e Ferro in C4 e Manganese in C3 (Fig. 2.21).

- Le analisi eseguite sulle acque superficiali del Fosso dell'Inferno, individuato come recettore finale della contaminazione, non hanno evidenziato né superamenti di CSC, né contenuti anomali di sostanze organo-alogenate o di metalli, metalloidi e solfati. Si ricorda che per una migliore correlazione tra i corpi idrici sotterranei e quello superficiale, quest'ultimo è stato analizzato con le stesse metodiche analitiche e valori di riferimento delle acque sotterranee.

5 – MODELLO CONCETTUALE DEFINITIVO

Il modello concettuale definitivo è stato definito sulla base del modello concettuale preliminare integrato dalle indagini e dalle analisi del piano di caratterizzazione. Queste ultime hanno consentito di verificare ed approfondire il modello concettuale soprattutto per quanto ha riguardato la definizione del Monte piezometrico e dunque del CD “bianco” e per definire i limiti della contaminazione.

L'assetto geologico, la ricostruzione delle geometrie della discarica e l'assetto piezometrico dell'area di studio evidenziano che c'è interazione tra il fondo della discarica e la superficie piezometrica. In particolare, è emerso che la superficie piezometrica interseca il corpo della discarica da NE a SW. Tale ipotesi è molto più probabile nella porzione SW e S del corpo discarica in corrispondenza della parte più vecchia della stessa, laddove la protezione è garantita solo dalla presenza delle Argille Grigie e non da membrane protettive sul fondo della discarica, presenti invece sull'argine della stessa. D'altra parte, la permeabilità delle Argille Grigie risulta estremamente bassa e variabile da 10^{-8} a 10^{-9} m/s facendo sì che eventuali flussi idrici di liquidi, derivanti dalla interazione tra acqua e discarica, filtrino con velocità medie estremamente basse stimate mediamente in 0,25 cm/a come emerso da test di permeabilità appositamente eseguiti.

L'indagine sul chimismo, sulla sua distribuzione spaziale e sul suo monitoraggio nel tempo, convergono tra loro e, a prescindere dai valori numerici delle CSC, hanno evidenziato quanto segue.

38/43

- I piezometri P1, P2 e C6 sull'Argine a Sud-Ovest della discarica presentano, o hanno presentato, marker di contaminazione da percolato riferibili a composti organo-alogenati. Il C6 mostra solo presenza di contaminante Dicloropropano ma non superamenti della CSC.

- Nei piezometri PZ5, PZ6, e C5 al bordo Nord della discarica sono presenti i maggiori contenuti in organo-alogenati dell'area di studio. Soprattutto nel piezometro PZ5, mentre negli altri due si riscontra solo presenza al di sotto della CSC o assenza.

- La zona esterna alla discarica a Nord-Est della stessa risulta essere il “monte” piezometrico e morfologico dell'area di studio e presenta anomalie e superamenti di alcune CSC come Boro, Solfati, Arsenico e Ferro e totale assenza di marker del percolato riscontrato sull'argine di Sud-Ovest e al bordo Nord. Il chimismo qui riscontrato va dunque addotto a condizioni naturali come dimostrano anche le analisi sui terreni e i test di cessione su essi eseguiti. Inoltre, va segnalato che il contenuto in Boro ed in solfati in questa area sono ben superiori a quelli riscontrati nel percolato. Dovendo escludere contaminazioni antropiche per l'assenza totale di qualsiasi tipo di attività antropica a monte piezometrico della discarica in grado di rilasciare Boro, Solfati, Arsenico in quantità superiori a quelle presenti nel percolato, il chimismo non può che essere addotto a presenza naturale di acque mineralizzate con arricchimento in ioni redox sensibili. La stessa elevata salinità, in termini di Conducibilità elettrica, ne conferma la genesi.

- La zona esterna alla discarica allo spigolo Sud della stessa non risulta avere connessioni idrodinamiche con il corpo idrico sottostante la discarica (Fig. 2.6). Anche qui sono presenti superamenti o valori prossimi alle CSC ancora una volta per Solfati e Boro e assenza di marker organo-alogenati.

- La zona a valle della discarica, individuata per motivi morfologici e piezometrici come la zona di recapito della eventuale contaminazione derivante dalla discarica già dalla indagine preliminare, non ha evidenziato, né storicamente, né attualmente, la presenza dei marker organo-alogenati del percolato. Lo stesso sondaggio C4 attrezzato con tre piezometri a diverse profondità per verificare l'eventuale presenza di D-NAPL (quali sono i marker riscontrati in fase di caratterizzazione preliminare nell'argine di Sud-Ovest), non ne ha evidenziato la presenza. L'intera fascia, sub parallela al fosso dell'Inferno, l'altro potenziale recettore della contaminazione nel quale non è stata riscontrata alcuna contaminazione, presenta superamenti delle CSC o prossimità alle CSC per Solfati, Manganese, Ferro, Boro e Arsenico. Le concentrazioni di solfati, metalli e metalloidi riscontrate in questa fascia risultano inferiori a quelle del Monte piezometrico al contrario di quanto ci si sarebbe dovuto attendere se fosse stato presente il contributo del percolato della discarica. Inoltre, il contenuto in Ferro, Manganese ed Arsenico è superiore a quello presente nel pozzo del percolato P1 più prossimo alla parte bassa della discarica. Anche l'analisi dei terreni ed il test di cessione evidenziano in questa fascia valori elevati soprattutto per Ferro e Manganese. Le suddette osservazioni, unitamente alla presenza di elevate concentrazioni di Sodio e Cloruri (Fig. 2.7 e 2.8) inducono ad associare il chimismo di questa fascia a quello derivante da acque mineralizzate naturalmente arricchite in solfati, Boro, Ferro, Manganese ed Arsenico, la cui presenza è ben nota nei corpi idrici presenti nelle Argille Grigie e nei fondivalle alluvionali del versante Appenninico più prossimo alla costa. La concomitanza di metalli e metalloidi la cui origine può essere sia naturale che da percolato non consente obiettivamente, allo stato attuale delle conoscenze, di valutare se le elevate concentrazioni in PZ3 ed S3 siano da attribuire all'una o all'altra o ad entrambe. Tutte le contaminazioni, ed in particolare, quelle da metalli (As e Ni) più mobili nelle acque sotterranee rispetto ai solventi clorurati, sono state riscontrate, nella caratterizzazione preliminare, fino al piezometro S2 e non risultano presenti nell'S3 (Fig. 2.1). Tale situazione è stata confermata dal descrivendo modello definitivo per il quale le contaminazioni risultano dunque contenute nell'intorno della discarica sia in accordo con la presenza di un substrato con comportamento da aquicluda a conducibilità idraulica di $10^{-9} - 10^{-7}$ m/s, sia per l'azione dei pozzi barriera PZ3 e P3A (Fig. 2.1).

6 – CONCLUSIONI

In sintesi, le indagini svolte hanno evidenziato una interazione idraulica tra il percolato e il corpo idrico sotterraneo all'interno delle Argille Grigie ed Argille Avana chiaramente presente nella porzione sud e sudovest della discarica al di sotto dell'argine artificiale. Tale interazione, in accordo con l'assetto piezometrico, si manifesta attualmente con una contaminazione da solventi organo-alogenati, solfati, metalli (Fe e Mn) e metalloidi (As, B). L'elevata concentrazione, nella stessa area (e cioè porzione sud e sudovest della discarica al di sotto dell'argine artificiale) di Solfati, Boro, Manganese, Ferro e talora Arsenico potrebbe derivare invece dalla somma dei contenuti naturalmente presenti nei terreni e nei corpi idrici sotterranei con quelli eventualmente derivanti dall'interazione col percolato.

Le contaminazioni a Nord della discarica (PZ5 e PZ6) risultano chiaramente da solventi clorurati e metalli mentre non altrettanto chiaro è il contributo degli altri ioni non soggetti a CSC (come NH₄, Cl, Na). La stessa conducibilità elettrica non appare così alta come nei piezometri della zona a SW. La contaminazione non è dunque univocamente attribuibile al percolato ma potrebbe derivare anche da circolazione di altri tipi di fluidi in grado di veicolare sostanze organo-alogenate.

Dall'assetto piezometrico ricostruito e dalla distribuzione dei contaminanti risulta confermato che i bersagli dell'inquinamento sono il corpo idrico sotterraneo nella sola fascia tra l'argine al bordo S e SW della discarica ed il fosso, ed il fosso stesso lungo il suddetto bordo. L'assetto piezometrico e la presenza del fosso, quale limite a potenziale imposto del corpo idrico, escludono l'eventualità che la contaminazione possa spingersi al di fuori dei suddetti limiti.

40/43

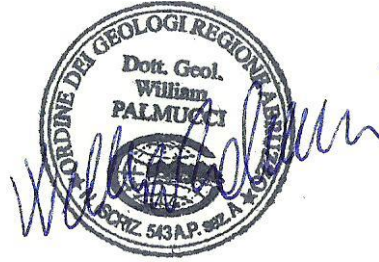

Allo stato attuale delle indagini il fosso non risulta contaminato e il corpo idrico sotterraneo non presenta contaminazioni da marker del percolato ma solo superamenti delle CSC in alcuni piezometri rispetto a solfati, Boro, Manganese, Ferro e Arsenico per motivi naturali.

Le contaminazioni risultano dunque contenute entro il perimetro della discarica e dell'argine di Sud Ovest sia in accordo con la presenza di un substrato a conducibilità idraulica di $10^{-9} - 10^{-7}$ m/s, sperimentalmente ricavati, e che va dunque considerato come acquiclude, sia per l'azione dei pozzi barriera PZ3 e P3A (realizzati in ottemperanza a quanto previsto dall'art. 245 del D Lgs. 152/2006, Fig. 2.1). A riprova che la contaminazione sia confinata tra l'argine Sud Ovest e la discarica, c'è la constatazione che nei suddetti pozzi barriera non è stata mai rilevata la presenza dei solventi organo-alogenati (Annessi 4 e 6 e "Modello Concettuale Preliminare"). In essi si osservano sin dalla loro messa in funzione solo i soliti superamenti o prossimità alle CSC per Boro, Solfati, Manganese, Arsenico e Ferro la cui genesi, alla luce di quanto emerso, pur non potendo escludere un contributo da lisciviazione del percolato, va ascritta a presenza naturale.

Per quanto riguarda la valutazione dei rischi connessi alla contaminazione rilevata in sito, a prescindere dalla sua origine, si rimanda all'Analisi di Rischio trasmessa unitamente alla presente e

denominata: "Analisi di Rischio Sito-Specifica ai sensi del D.Lgs. 152/06 e s.m.i." quale Convenzione tra Solved srl.- spin off Università G. d'Annunzio e DECO S.p.a.

Prof. Geol. Sergio Rusi



Dott. Geol. Wiliam Palmucci

FONTI BIBLIOGRAFICHE

Lavori consultati

- DECO SpA – Solved Srl (2018/2019): *Studio ambientale presso discarica Casoni di Chieti.*
- Comune di Chieti - DECO SpA (2010-2016): *Complesso IPPC discarica per rifiuti non pericolosi in località "Casoni" di Chieti. Relazioni Annuali*
- Comune di Chieti – SOLECO srl (1999): *Variante in corso d'opera per l'adeguamento funzionale con recupero energetico della discarica controllata in località Casoni (CH). Studio Geologico, Idrogeologico e Geotecnico.*
- DECO SpA (2018): *rilievi topografici dell'area della discarica e degli immediati intorni.*
- DECO SpA (vari anni): *documentazione fotografica di varie fasi di lavoro*
- DECO SpA (2017): *Rapporto sullo stato ambientale delle acque sotterranee soggiacenti la Discarica per rifiuti non pericolosi e l'Impianto TMB di Casoni (Chieti).* A cura dei Proff. G. Sappa e P. Viotti
- DECO Spa – CRITEVAT (Università La Sapienza) (2017): *Studio per la definizione della natura dei superamenti nei valori di concentrazione di alcuni analiti, nelle acque sotterranee soggiacenti la Discarica per rifiuti non pericolosi di Casoni (Chieti).* A cura del Prof. G. Sappa
- DECO SpA (vari anni): *elaborati grafici e tabelle riassuntive delle analisi chimiche delle acque. I punti d'acqua analizzati e campionati derivanti dai suddetti studi, sono riassunti in figura 2.1*
- DECO SpA – Solved Srl (2019): *Piano di Caratterizzazione discarica Casoni di Chieti.*

42/43

Pubblicazioni scientifiche

- Desiderio G., Nanni T., Rusi S. (2000): *La pianura alluvionale del fiume Pescara (Abruzzo): Idrogeologia e vulnerabilità dell'acquifero.* Mem. Soc. Geol. 56, 197-211.
- Desiderio G. & Rusi S. (2004): *Idrogeologia e idrogeochimica delle acque mineralizzate dell'avanfossa abruzzese molisana.* Boll. Soc. Geol. It., 123 (3), 373-389.
- Desiderio G., Rusi S., & Tatangelo F. (2010): *Caratterizzazione idrogeochimica delle acque sotterranee abruzzesi e relative anomalie.* Bol. Soc. Geol. It., 129 (2), 207-222.
- Fetter C.W. (1992) *Contaminant Hydrogeology.* Prentice Hall

- Palmucci W. e Rusi S. (2013): *Origin and distribution of Iron, Manganese and Boron in the Abruzzo region groundwaters. Hydrogeochemical survey on the Saline sample area.* Rend. Online Soc. Geol. It., 24, 222-224.
- Palmucci W., Rusi S. (2014): *Boron-rich groundwater in Central Eastern Italy: a hydrogeochemical and statistical approach to define origin and distribution.* Environ. Earth Sci. 72/12, 5139–5157.
- Palmucci W., Rusi S., Di Curzio D. (2016): *Mobilisation processes responsible for iron and manganese contamination of groundwater in Central Adriatic Italy.* Environmental Science and Pollution Research, 23, 11709-11805
- Palmucci W., Rusi S., Pennisi M., Di Curzio D. (2016) *Contribution of B and Sr Isotopes to assess boron contamination of groundwater: case studies in Central Italy.* Rend. Online Soc. Geol. It., Vol. 41, pp. 65-68
- Rusi S. (2012): *Cenni di Idrogeologia.* In: *note illustrative della Carta Geologica d'Italia scala 1:50.000 foglio 361 - Chieti*, 88-90. A cura di: Crescenti U. ISPRA – Servizio Geologico d'Italia.