
IMPIANTO DI RECUPERO RIFIUTI

**RICHIESTA DI MODIFICA AUTORIZZAZIONE UNICA
DETERMINA N. 2922/2021 PROT. N. 64713 DEL 29.11.2021
(ART. 27-BIS D.LGS N. 152/2006)**

**DOCUMENTO
STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE**

**- SEZIONE SUOLO-SOTTOSUOLO-BIODIVERSITA' - SALUTE
PUBBLICA -**

PROPONENTE



VENETA RAW MATERIAL S.R.L.
IN FORMA ABBREVIATA
V.R.M. S.R.L.
C.F. e P.IVA 08620470156

SEDE LEGALE

Via Fiume n. 6
Este (PD)

SEDE STABILIMENTO

Via Bastiette
Mira (VE)

CONSULENZA AMBIENTALE:

Studio AM. & CO. Srl

Via dell'Elettricità n. 3/d

30175 Marghera (VE)

Tel. 041.5385307 Fax. 041.2527420

e-mail david.massaro@studioamco.it

INDICE

1.0 PREMESSA	3
2.0 IMPATTO SULLE MATRICI SUOLO – SOTTOSUOLO E ACQUE SOTTERRANEE	6
3.0 IMPATTO SULLA BIODIVERSITA'	7
4.0 IMPATTO SULLA SALUTE PUBBLICA	15



1.0 PREMESSA

Il presente documento approfondisce eventuali impatti potenziali nei confronti delle principali matrici ambientali riconducibili all'intervento proposto dalla ditta VRM Srl, relativamente all'impianto di recupero rifiuti ubicato in via Bastiette a Mira (VE).

Le modifiche apportate dalla ditta alla vigente autorizzazione rilasciata dalla Città Metropolitana di Venezia (Determina n. 2922/2021 prot. n. 64713 del 29.11.2021), riguardano sostanzialmente:

- 1) Introduzione di nuove tipologie di materiali che cessano la qualifica di rifiuto e relative destinazioni di utilizzo, nonché di nuove tipologie di trattamenti, sempre codificati con causale R5 (Allegato C alla Parte IV del D.Lgs n. 152/2006);
- 2) Introduzione di nuove tecnologie di raffinazione del materiale che ha cessato la qualifica di rifiuto, come ad esempio la bricchettatura, propedeutica ad una migliore fase di confezionamento;
- 3) Eliminazione delle prescrizioni relative alla cessione del materiale che ha cessato la qualifica di rifiuti ad un deposito intermedio/intermediario, in quanto commercialmente non attuabile. La ditta VRM Srl farà dichiarare all'intermediario che il materiale che ha cessato la qualifica di rifiuto sarà utilizzato per gli scopi specifici indicati nella Dichiarazione di Conformità, senza indicare il riferimento dell'utilizzatore finale – tale prescrizione è da applicarsi sia all'EoW già autorizzato che a quello di nuova introduzione;
- 4) Eliminazione della prescrizione relativa ai sistemi di abbattimento dell'arsenico presso gli impianti di destino finale, in quanto gli utilizzatori ad oggi contattati hanno rinunciato a ricevere il materiale che ha cessato la qualifica di rifiuto per questa prescrizione – tale prescrizione è da applicarsi sia all'EoW già autorizzato che a quello di nuova introduzione;



- 5) Eliminazione di alcuni refusi nella determina 2922/2021 prot. 2021/64712 del 29/11/2021;

Il documento valuta gli impatti potenziali del progetto proposto nei confronti delle matrici:

- Suolo e sottosuolo;
- Acque sotterranee;
- Biodiversità;
- Salute pubblica;

Data la specificità dell'impianto e le misure di Messa in sicurezza già realizzate e descritte nella Relazione Tecnica di Progetto, non si ritiene necessario indagare le seguenti matrici e impatti:

- Inquinamento luminoso: lo stabilimento non è dotato di punti luce. L'attività viene realizzata esclusivamente in condizioni di luce solare idonea;
- Acque superficiali: l'attività di recupero rifiuti svolta dalla ditta VRM Srl non presenta scarichi idrici in acque superficiali. Le misure di messa in sicurezza già realizzate e descritte nella Relazione Tecnica di Progetto hanno permesso di accumulare e gestire come rifiuti le acque di meteoriche di ruscellamento e di aggrottamento, mettendo in sicurezza i corpi idrici limitrofi;
- Inquinamento elettromagnetico: all'interno dell'impianto di recupero rifiuti della ditta VRM Srl non vi sono sorgenti elettromagnetiche e le tecniche di trattamento dei rifiuti consistono operazioni standardizzate di movimentazione, vagliatura/bricchettatura, che non richiedono macchinari a emissione elettromagnetica.

Come indicato nel documento di Premessa dello Studio di Impatto Ambientale, gli impatti potenziali definiti nel presente documento sono riferiti ad un periodo di 40 anni. Eventuali



sviluppi del territorio circostante dovranno tener conto della presenza del deposito di ceneri di pirite e dei tempi necessari alla chiusura dello stesso.

2.0 IMPATTO SULLE MATRICI SUOLO – SOTTOSUOLO E ACQUE SOTTERRANEE

Al fine di illustrare il potenziale impatto nei confronti delle matrici ambientali suolo, sottosuolo e acque sotterranee riconducibili al deposito di ceneri di pirite della ditta VRM Srl, si allega al presente documento il “Piano di Accertamento delle evidenze di minaccia – relazione Tecnica Rev. 2026” che la ditta ha presentato al MASE nel gennaio 2026.



3.0 IMPATTO SULLA BIODIVERSITA'

Con il termine “biodiversità” si intende la varietà di organismi viventi, animali e vegetali, che si trovano in una determinata unità spaziale o nell’intera biosfera. La biosfera è determinata, non solo dal numero di specie presenti nell’ambiente, ma comprende anche la varietà del loro materiale genetico e degli ecosistemi che le ospitano. I principali fattori, identificati dagli esperti dell’ONU, che minacciano la biodiversità sono:

1. la frammentazione e perdita degli habitat;
2. l’eccessivo sfruttamento e uso insostenibile delle risorse naturali;
3. l’esaurimento della fascia di ozono;
4. l’inquinamento;
5. la presenza di specie esotiche invasive;
6. i cambiamenti climatici e l’innalzamento della temperatura del pianeta.

La distruzione degli habitat è aggravata dal fenomeno, sempre più diffuso di frammentazione degli habitat; dove per frammentazione si intende *“il processo dinamico generato dall’azione umana attraverso il quale l’ambiente naturale subisce una suddivisione in frammenti disgiunti e progressivamente più piccoli e isolati...”*.

Per risolvere tale problematica, nel 2011, la Commissione Europea ha adottato una nuova Strategia sulla biodiversità con l’obiettivo principale di arrestare la perdita della biodiversità e degli ecosistemi entro il 2020 e a ripristinarli per quanto possibile; inoltre l’obiettivo a lungo termine stabilisce che entro il 2050, la biodiversità e i servizi ecosistemici siano protetti, valorizzati e adeguatamente ripristinati.

Gli obiettivi principali della Strategia UE sulla Biodiversità riguardano:

- applicazione della legislazione UE sulla protezione della biodiversità;
- migliore protezione degli ecosistemi e maggiore uso delle infrastrutture verdi;
- agricoltura e silvicoltura più sostenibili;

- migliore gestione degli stock ittici;
- controlli rigidi sulle specie esotiche invasive;

contributo più significativo dell'UE per evitare la perdita globale di biodiversità.

L'immagine seguente, estratta dal SITA della Città Metropolitana di Venezia, illustra come all'interno dell'area di intervento è presente solamente una “zona boscata” che, già nella condizione autorizzata, dovrà essere rimossa per consentire il trattamento delle ceneri di pirite, e successivamente dovrà essere ripristinata come da indicazioni della pianificazione urbanistica comunale.



Immagine n.1

Nelle aree circostanti si rinvencono:

- A Est “Ambito dell'Ecosistema della Laguna di Venezia” (Zona Umida e Sito Rete Natura 2000);
- A Sud un “Corridoio ecologico”;



— In ambito sparso, Elementi arbustivi lineari (art. 29 PTRC Regione Veneto);

In considerazione del fatto che l'impianto di recupero rifiuti della ditta VRM Srl si trova all'interno di un'area già interessata da impatto antropico e che gli habitat e gli habitat di specie maggiormente prossimi all'area di intervento sono solamente riconducibili ai Siti della Rete Natura 2000 (Lagna di Venezia), al fine di stimare il potenziale impatto sull'ecosistema indotto dall'intervento proposto, i tecnici estensori del presente documento hanno previsto di approfondire solamente i fattori “fauna” e “flora”.

Documento apposito dell'istanza conterrà invece approfondimenti sui possibili impatti nei confronti degli habitat e degli habitat di specie che si sviluppano all'interno dei siti della Rete Natura 2000 maggiormente prossimi all'area di intervento.

Tutte le specie vegetali individuate sono riconducibili a due differenti tipologie di formazioni erbacee, vale a dire la *facies urbana e industriale* e la *facies incolti e ruderi*.

Aspetti Floristici

L'approccio analitico seguito dagli estensori del presente elaborato ha permesso di attribuire a ciascuna delle due facies summenzionate un INDICE numerico di specifica della qualità delle cenosi. A ciascuna delle due tipologie floristiche sono stati attribuiti degli INDICATORI di qualità. La somma dei valori attribuiti a ciascun indicatore fornisce l'indice numerico di riferimento.

Gli indici consentono di individuare le CLASSI DI IMPATTO. Al fine di ottimizzare la risposta dell'indice numerico, tali classi sono state suddivise in 5 intervalli, ottenuti

considerando il valore massimo ed il valore minimo raggiungibili ed applicando la seguente formula:

$$\text{Ampiezza della classe: } \frac{(\text{Valore massimo} - \text{Valore minimo})}{5}$$

Quali indicatori di qualità sono stati utilizzati i seguenti parametri:

- ✓ Presenza: indica il livello di facilità di reperire la tipologia vegetale descritta all'interno del sito considerato. L'indice di densità è stato ottenuto rapportando empiricamente la superficie occupata da ciascun tipo vegetazionale con la superficie totale dell'area di indagine, esprimendo il valore in percentuale. La scala dei punteggi utilizzata viene rappresentata nella tabella seguente:

DESCRIZIONE	PUNTI
Estensione della cenosi inferiore a 1% della superficie totale	8
Estensione della cenosi compresa tra 1% e 10% della superficie totale	4
Estensione della cenosi compresa tra il 10% e il 25% della superficie totale	2
Estensione della cenosi maggiore del 25%	1

Tabella n. 1

Alla *facies urbana e industriale* è stato attribuito il valore 1 e la *facies incolti e ruderi* è stato attribuito il valore 4.

- ✓ Unicità: utilizzato per valutare il grado di rarità della fitocenosi nel sito oggetto di studio ed è ottenuta mediante l'individuazione di alcuni particolari caratteri delle componenti vegetali (floristici, fisionomici e stazionali). La scala utilizzata e le caratteristiche determinanti sono individuate nella tabella seguente:



DESCRIZIONE	PUNTI
Aggruppamento molto raro, unico, legato a particolari condizioni stazionali esclusive del sito analizzato – presenza di specie rarissime o difficilmente riscontrabili nei dintorni – espressioni fisionomiche peculiari – elevato grado di naturalità	8
Aggruppamento raro, popolamenti legati principalmente a caratteri stazionali particolari ma riscontrabili comunemente in condizioni analoghe nei dintorni, nelle medesime stazioni, presenza anche di specie rare ed espressioni fisionomiche particolari ma non esclusive del sito – influenze antropiche limitate – grado di naturalità elevato	4
Aggruppamento comune, espressione di caratteri stazionari tipici del comprensorio e dei suoi dintorni, caratteri fisionomici e compositivi anche influenzati da attività di gestione antropica ma non determinanti – grado di naturalità medio o buono	2
Aggruppamento anche non comune, ma derivato esclusivamente da indirizzi di gestione, passata o attuale, agropastorale – impianti arborei artificiali di specie alloctone o a destinazione diversa dalla produzione legnosa – caratteri fisionomici e compositivi fortemente influenzati e mantenuti dall'azione antropica – grado di naturalità basso	1

Tabella n. 2

Nel sito oggetto di indagine non vi è un aggruppamento floristico di particolare interesse.

Ad entrambe le facies vegetazionali è stato attribuito il valore di 1;

- ✓ Zonalità: descrive gli habitat di specie. Tali zone sono legate a particolari condizioni climatiche. La tabella seguente riporta le differenti classi di habitat considerati e le relative categorie di punteggi loro assegnati



DESCRIZIONE	PUNTI
Elofismo, categoria costituita da piante tipiche di ecosistemi lagunari, ormai scomparsi nel paesaggio locale	8
Idrofitismo, categoria costituita da piante legate all'ambiente acquatico, importante perché legata ad habitat acquatici superficiali, ricchi dal punto di vista ecologico	4
Mesofitismo, categoria costituita da piante delle moderate esigenze idriche, è simile alla precedente, ma meno soggetta alle infestanti	2
Xerofitismo, categoria costituita da piante adattate a resistere ad elevati stress idrici, è comune e diffusa negli ambienti a forte impatto antropico	1

Tabella n. 3

Entrambe le facies vegetazionali hanno ottenuto il punteggio di 1.

- ✓ Vulnerabilità: con questa classe viene associato a ciascuna facies un grado di vulnerabilità agli impatti di origine antropica quali l'inquinamento delle acque, la modificazione degli habitat attraverso interventi di risistemazione e sfalcio (sponde, margini, strade etc). Allo scopo sono state individuate tre differenti categorie di punteggio:

CATEGORIA	PUNTI
Bassa	1
Media	2
Alta	3

Tabella n. 4

Entrambe le facies vegetazionali hanno ottenuto il punteggio di 1.

- ✓ Resilienza: indica la capacità di una tipologia vegetazionale di ritornare ai caratteri originali, prima che avvenisse l'elemento di disturbo. Le classi di punteggio assegnate sono tre



CATEGORIA	PUNTI
Bassa	3
Media	2
Alta	1

Tabella n. 5

L'assegnazione del peso più elevato è stata attribuita a quelle formazioni che richiedono lunghi tempi di recupero per il raggiungimento di un buon livello di biomassa. Le formazioni vegetali appartenenti a questa categoria sono pertanto rappresentate prevalentemente da essenze arboree. Le formazioni erbacee, avendo tempi di crescita rapidi ed un breve ciclo vitale, sono in grado di colonizzare molto rapidamente le zone interessate dal disturbo antropico. Per quanto detto ad entrambe le facies vegetali considerate è stato assegnato il valore di 1.

La tabella seguente riassume i valori delle classi di punteggio descritte:

Tipologia vegetazionale	Presenza	Unicità	Zonalità	Vulnerabilità	Resilienza	Somma
<i>Facies urbano e industriale</i>	1	1	1	1	1	5
<i>facies incolti e ruderi</i>	1	1	1	1	1	5
TOTALE	2	2	2	2	2	10

Tabella n. 6

Il range di ampiezza delle classi di impatto è stato calcolato secondo la formula riportata in precedenza ed è stata calcolata un'ampiezza di classe pari a 2.

La tabella seguente associa le classi di impatto dell'attività proposta dalla ditta VRM Srl alle facies vegetazionali considerate:

Range di livello	Classe di Impatto	Facies vegetazionale
1 – 5	Nulla	- <i>Facies urbana e industriale</i> - <i>facies incolti e ruderi</i>
6 – 10	Bassa	
11 – 15	Medio – Bassa	
16 – 20	Media	
21 – 25	Medio – Elevata	
26 - 30	Elevata	

Tabella n. 7

In base alle classificazioni e alle analisi summenzionate, è possibile stabilire che la realizzazione delle modifiche impiantistiche e la relativa operatività determinano un BASSO livello di incidenza sulle facies vegetali considerate.

Nell'area di intervento inoltre, a seguito di indagine su campo e bibliografica, non sono state rinvenute specie vegetali a rischio o che necessitano di protezione.

Aspetti Faunistici

Il sito oggetto di studio ricade all'interno di un territorio fortemente influenzato da attività antropica, caratterizzato dalla presenza dei seguenti ambienti:

- ✓ Ambiente agricolo;
- ✓ Ambiente industriale;

L'indagine faunistica dell'intervento è stata condotta solamente per mezzo di ricerca bibliografica, dalla quale emerge, in linea generale, che l'ambiente di intervento può essere caratterizzato dalla presenza, anche di passaggio, degli individui animali già elencati nel presente documento di specifico impatto nei confronti dei Siti della rete Natura 2000 e non presenta alcuna criticità.

L'analisi bibliografica ha permesso di delineare nei dintorni del sito di intervento le seguenti unità zoologiche (comunità):



- a) FE = Comunità delle formazioni erbacee: questa unità ambientale presenza un basso livello di valore biocenotico.
- b) ZU = Comunità delle Zone Urbane: in tale area è presente sia fauna indigena (80-90%) che fauna sinantropica (5-10%), capace di coesistere in modo più o meno stabile con la presenza umana. Le specie della fauna sinantropica possono essere permanentemente associate alla presenza umana, oppure non dipendere direttamente da essa bensì essere capaci di sfruttare le condizioni ambientali create dall'uomo (elevata disponibilità ambientale, presenza di fonti luminose, temperature più elevate);
- c) CA = Comunità arboreo arbustiva: è presente prevalentemente lungo la porzione di territorio posta a Sud.

A giudizio dei tecnici estensori del presente documento, la realizzazione delle modifiche proposte non possono indurre potenziali effetti negativi nei confronti delle specie faunistiche transianti per l'area in esame o in essa stazionarie, in quanto l'area di intervento è già fortemente interessata dalla presenza antropica.

4.0 IMPATTO SULLA SALUTE PUBBLICA

Al fine di stabilire eventuali potenziali impatti nei confronti della popolazione e della salute umana, non essendovi uno specifico strumento di indirizzo nazionale o regionale Veneto, il presente documento prende spunto dalla D.G.R. Lombardia 4792/2016, per la valutazione degli effetti sulla salute pubblica dei progetti sottoposti alla procedura di valutazione di impatto ambientale e di verifica di assoggettabilità alla stessa, in funzione delle



caratteristiche e complessità delle attività in grado di generare rischi per la componente salute pubblica. Il presente capitolo viene infatti redatto seguendo l'approccio metodologico proposto dalla menzionata delibera che consente di affrontare con un grado di dettaglio crescente la componente ambientale salute pubblica e di proporre una valutazione degli effetti del progetto in esame. La metodologia si basa su uno schema di flusso "quesito/risposta alternativa" che consente una graduazione degli approfondimenti (sezioni) da condurre sulla base della specificità del progetto in esame e sullo stato di fatto della salute della popolazione.

Le sezioni da considerare sono le seguenti:

SEZIONE 1 – Risponde al quesito: "Il progetto prevede emissioni/scarichi nelle matrici ambientali?"

SEZIONE 2 – Risponde al quesito: "Esiste una popolazione direttamente esposta?"

SEZIONE 3 – Risponde al quesito: "Quali sono gli effetti attesi sulla salute?"

SEZIONE 4 – Stati di salute della popolazione ante operam e stima dell'impatto generato su di essa in fase di cantiere, esercizio e dismissione.

L'approccio metodologico prevede di iniziare la trattazione dalla prima sezione e proseguire con le successive qualora la risposta alla domanda sia affermativa. Nel caso la risposta ad una delle sezioni sia negativa, la trattazione si conclude.

SEZIONE 1 – IL PROGETTO PREVEDE EMISSIONI/SCARICHI NELLE MATRICI AMBIENTALI?

Come già approfondito nella documentazione di progetto e nelle altre Sezioni dello Studio di Impatto Ambientale, l'impianto di recupero rifiuti della ditta VRM Srl non produce scarichi idrici o emissioni in atmosfera, pertanto non presenta impatti emissivi diretti.

Unico elemento di impatto potrebbe essere legato alle acque di falda (acque sotterranee) che entrano in contatto con le ceneri di pirite. I monitoraggi eseguiti sui piezometri a valle indicano che la qualità delle acque sotterranee non peggiora a valle dell'impianto, pertanto si ritiene che la popolazione non sia direttamente esposta ad eventuali effetti di inquinamento. Rispetto alla situazione attualmente autorizzata dalla Città Metropolitana di Venezia, la ditta richiede un incremento delle tipologie di materiale che ha cessato la qualifica di rifiuto e una modifica al cronoprogramma di allontanamento dei rifiuti, non apportando alcuna variazione che possa in qualche modo direttamente o indirettamente incidere sulla qualità delle acque sotterranee.

Come riportato nel Piano di Gestione Operativa e nella Relazione Tecnica di Progetto, la ditta attua un monitoraggio periodico della qualità delle acque sotterranee.

Allegato:

Piano di Accertamento delle evidenze di minaccia – relazione Tecnica Rev. 2026

Marcon, li 10 febbraio 2026

Il Coordinatore del gruppo tecnico





V.R.M.

Veneta Raw Material S.r.l.

Uffici:
Via Ca' Manzoni, 24
35042 Este (PD)
Tel.: 0429 612616
Fax: 0429 615945

Sede Legale:
Viale Fiume, 6 – Int. 3
35042 Este (PD)

Capitale sociale € 23.400,00 i.v.
R. I. PD - C.F. e P.I. 08620470156
R.E.A. Padova n. 368312

PAEM

PIANO DI ACCERTAMENTO DELLE EVIDENZE DI MINACCIA

Relazione tecnica

Rev. Gennaio 2026



INDICE

1.	Introduzione	4
2.	Descrizione delle caratteristiche del deposito: perimetrazione delle aree occupate dalle CdP con identificazione delle zone in cui le CdP si trovano a contatto con le acque di falda e quantificazione delle CdP presenti nel deposito	9
2.1	Modello d'interazione ceneri di pirite-ambiente	16
2.2	Dati pregressi	19
2.3	Dati mineralogici	21
2.4	Dati geochimici	24
2.5	Analisi del trasferimento di massa	30
2.6	Equilibri fluido-minerale	33
3.	Monitoraggio della falda nella zona di monte, di valle e nel sedime del deposito con lo scopo di: individuare una baseline quali-quantitativa di riferimento (monte), identificare i flussi idrici sotterranei e la loro direzione nell'area di deposito, valutare le interconnessioni tra falde multistrato con particolare riferimento ad eventuali hot-spot di contaminazione (sedime del deposito), identificare eventuali plume di contaminazione provenienti dal deposito attraverso il confronto con i dati di baseline (valle).	37
4.	Valutazione della connessione tra le acque sotterranee presenti nell'area del deposito e i corpi idrici sotterranei monitorati ai sensi della parte Terza del D.Lgs. 152/2006. Definizione di un modello di interazione tra le acque sotterranee e le acque superficiali.	81
4.1	Caratteristiche stratigrafiche del sito	82
4.2	Modello idrogeologico del sito di Mira	84
4.3	Considerazioni sul modello idrogeologico	88
5.	Modellazione idraulica per la definizione delle caratteristiche della rete di scolo, che include i canali perimetrali del deposito, il canale Finarda e la laguna.....	90



6.	Definizione di un modello di dispersione dei materiali solidi e dei metalli per valutare ed eventualmente quantificare il loro impatto sulla laguna	91
7.	Tipizzazione della CdP e verifica dell'effettiva capacità dei contaminanti di migrare nella matrice terreno. Definizione di un modello di dispersione di materiale solidi e dei metalli per valutare ed eventualmente quantificare il loro impatto sulla laguna.....	93
8.	Monitoraggio periodico dei sedimenti presenti nei canali perimetrali del deposito	97
9.	Ricostruzione di uno scenario che comprenda: descrizione della fonte, definizione delle vie di esposizione e quantificazione della possibile contaminazione che potrebbe interessare tutte le risorse naturali individuate quali bersagli (acque sotterranee, acque superficiali e terreno	98
9.1	Acque sotterranee	98
9.2	Acque superficiali.....	99



1. Introduzione

Questo documento riassume l'insieme degli studi idrogeologici, mineralogici e geochimici condotti nel sito di Mira e basati su dati di VENETA RAW MATERIAL (di seguito, VRM) raccolti *in situ* ed in laboratorio fino al Dicembre 2025. L'obiettivo di questo *dataset* è quello di rispondere alle domande sollevate sul contenuto del PAEM, oltre che sintetizzare l'attuale livello di conoscenza del sito. Lo scopo dei dati così illustrati è quello di contribuire nel modo più informato possibile ad una gestione futura del sito.

Si fa presente che questo documento si riferisce a dati raccolti all'interno del sito, e non alle aree esterne che non sono di proprietà di VRM e per cui non è stato possibile raccogliere (ed elaborare) i dati ambientali. Concordiamo inoltre con la logica secondo cui uno studio ambientale "di distretto" sarebbe opportuno presso l'area del sito perché permetterebbe di valutare ed approfondire in modo più ampio i rapporti tra i terreni della proprietà e l'ambiente di laguna ospite. Sulla base di questo, lo studio dovrebbe estendersi a N, E ed W per includere i due paleoalvei individuati nelle immediate vicinanze del deposito, le aree di monte non influenzate dal deposito, ed anche un'estensione del modello idrogeologico al di fuori dell'area di sito stesso. Tuttavia, le aree esterne al sito sono inaccessibili alla VRM e quindi non hanno permesso questo tipo di studio. VRM è disponibile a fare questo lavoro se le opportune e specifiche autorizzazioni saranno rilasciate dalle autorità competenti.

Veneta Raw Material (V.R.M. srl) è proprietaria di un sito nel Comune di Mira sul quale sono state stoccate negli anni '60-'70 un ingente quantitativo di ceneri di pirite; questa società ed il relativo deposito sono stati acquistati dalla società Veneta Mineraria spa nel 2007 e da allora ha iniziato un lungo iter per la sistemazione, messa in sicurezza e coltivazione del sito. La società è in possesso di un'autorizzazione all'esercizio di un impianto di recupero rifiuti rilasciata dalla Città Metropolitana di Venezia con Determinazione nr. 2922/2021 prot. 2021/64713 del 29/11/2021. La società nel 2024 ha conseguito certificazione di conformità del proprio sistema di gestione ambientale alla norma UNI EN ISO 14001:2015, questo importante obiettivo rappresenta il pilastro strategico che trasforma la conformità normativa in eccellenza operativa, garantendo la massima efficienza nel recupero delle materie prime e attestando di fronte alle istituzioni l'impegno concreto verso l'economia circolare e la minimizzazione dell'impatto ambientale.

Il sito, che ha una estensione pari a circa 8 ettari, è ubicato nel Comune di Mira, in località le Bastie di Gambare e risulta inquadrato in zona F 7.5 “Parco di S. Ilario: zone soggette a bonifica e riqualificazione ambientale”. Ai confini Sud ed Est del Sito si trova un’area inquadrata in zona E 2.1 “Paesaggio rurale tutelato”, a Nord-Ovest è presente il tracciato della S.S. Romea, mentre a Nord-Est si trova un’area classificata come zona E 2.2 “Paesaggio rurale da riqualificare”. Sul lato Nord-Ovest del Sito è presente una fascia arborea individuata nel PRG come “Barriera vegetale”. Come riportato nello studio di V.I.A., il Sito si trova ad una distanza di circa 1600m dal confine della Zona di protezione Speciale (ZPS) n.IT3250045, denominata “Laguna di Venezia” e sempre a circa 1600 m dal confine del Sito di Interesse Comunitario (SIC) n. IT3250030, denominato “Laguna medio-inferiore di Venezia”. Il confine Sud-Ovest del Sito è lambito da un’area sottoposta a “Vincolo Paesaggistico di alcuni corsi d’acqua e relative sponde (150 m)” ai sensi della L. 431/85, che ha l’obiettivo di tutelare il sistema e il paesaggio fluviale “al fine di preservarlo da distruzione o modifiche che possano recare pregiudizio al valore paesaggistico”. Il Sito risulta inserito, inoltre, all’interno di un’area sottoposta a “Vincolo Paesaggistico Sud Romea e Naviglio Brenta” ai sensi della L. 1497/39.

Per quanto riguarda l’inquadramento del sito all’interno del Piano Territoriale Regionale di Coordinamento – Regione Veneto si evidenzia che:

- il Sito risulta inserito in “ambiente antropizzato”, in prossimità di una “area SIC/ZPS”;
- l’area di intervento è inserita in una zona definita “Metropolitan European Growth Areas (MEGAs)”, che si sviluppa in corrispondenza del capoluogo regionale Venezia e della sua periferia;
- il Sito si inserisce all’interno di un nodo strutturale denominato “European transport node” e in corrispondenza di un “polo urbano principale” che coincide con l’asse Padova-Venezia;
- per quanto riguarda l’uso del suolo, il Sito si trova in una zona impiegata in una ampia varietà di colture, nelle vicinanze di un’area commerciale ubicata a Nord-Ovest dell’area di intervento;
- in merito alla biodiversità, il Sito si colloca in un’area agricola da valorizzare, definita come zona con “agricoltura periurbana multifunzionale”;

- per quanto concerne le tematiche dell'energia, delle risorse e dell'ambiente, il Sito risulta inserito in un'area ampia in cui è necessario "programmare le nuove reti energetiche razionalizzando l'esistente e utilizzando le migliori tecnologie disponibili".

La macroarea in cui è collocato il Sito, che comprende gran parte delle province di Padova, Venezia e Treviso, risulta tra le quattro del Veneto definite "a maggior inquinamento"; dal punto di vista della mobilità.

Il Sito è inserito nel cosiddetto "hub policentrico" di Padova e Venezia, in un'ampia area dotata di una fitta rete viaria; per quanto riguarda l'aspetto dello sviluppo economico produttivo, il Sito è collocato vicino al porto di Venezia all'interno di una macroarea produttiva che si sviluppa lungo il cosiddetto "Corridoio 5", con numerosi nodi di servizio per attività produttive specialistiche; dal punto di vista ricettivo, turistico e rurale, l'area in cui è inserito il Sito viene definita come una "eccellenza turistica", in prossimità di aree patrimonio dell'umanità UNESCO; la macroarea in cui si colloca il Sito viene inserita tra le zone adibite a parco, intendendo con questa un'ampia area posizionata intorno alla Laguna di Venezia.

Per quanto riguarda l'inquadramento del sito all'interno del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale – Provincia di Venezia si evidenzia che:

- il Sito si colloca al margine occidentale di un'area sottoposta a "Vincolo paesaggistico ai sensi del D.Lgs. 42/2004". Sul lato Nord-Ovest del Sito, il vincolo paesaggistico riguarda anche la zona boscata presente in corrispondenza del confine con la S.S. Romea;
- nella "Carta delle fragilità" in prossimità del confine Sud-Ovest dell'area in oggetto, viene segnalata la presenza di un paleoalveo;
- il Sito viene indicato come "Sito da recuperare o recuperato";
- il Sito è segnalato come area di "servizi", parzialmente all'interno di un corridoio che si sviluppa lungo la S.S. Romea definito come "area da riqualificare"; dal punto di vista del paesaggio, l'area di intervento è inserita nel contesto del "paesaggio rurale", in una zona con presenza di "orti". Viene segnalata sul confine Nord-Ovest dell'area la presenza di una zona a "macchia boscata".

Per quanto riguarda l'inquadramento del sito all'interno del Piano Regolatore Generale – Comune di Mira si evidenzia che:

- il Sito risulta inquadrato in zona F 7.5 “Parco di S. Ilario: zone soggette a bonifica e riqualificazione ambientale”. Ai confini Sud ed Est del Sito si trova un’area inquadrata in zona E 2.1 “Paesaggio rurale tutelato”, a Nord-Ovest è presente il tracciato della S.S. Romea, mentre a Nord-Est si trova un’area classificata come zona E 2.2 “Paesaggio rurale da riqualificare”. Sul lato Nord-Ovest del Sito è presente una fascia arborea individuata nel PRG come “Barriera vegetale”;
- il Sito si trova ad una distanza di circa 1600 m dal confine della Zona di Protezione Speciale (ZPS) n. IT3250046, denominata “Laguna di Venezia”, e sempre a circa 1600 m dal confine del Sito di Interesse Comunitario (SIC) n. IT3250030, denominato “Laguna medio-inferiore di Venezia”;
- il confine Sud-Ovest del Sito è lambito da un’area sottoposta a “Vincolo Paesaggistico di alcuni corsi d’acqua e relative sponde (150 m)” ai sensi della L. 431/85, che ha l’obiettivo di tutelare il sistema e il paesaggio fluviale “al fine di preservarlo da distruzione o modifiche che possano recare pregiudizio al valore paesaggistico”.
- il Sito risulta inserito all’interno di un’area sottoposta a “Vincolo Paesaggistico Sud Romea e Naviglio Brenta” ai sensi della L. 1497/39.

Per quanto riguarda l’inquadramento del sito all’interno del Piano di Area della Laguna e dell’Area Veneziana si evidenzia che:

- il Sito ricade all’interno di un’area “di interesse paesistico-ambientale”, disciplinata dall’art. 21 delle Norme Tecniche di Attuazione ed è ubicato in corrispondenza di un’area “a rischio idraulico” (art. 31 delle Norme Tecniche di Attuazione);
- il Sito ricade all’interno di un’area “di interesse paesistico-ambientale, con previsioni degli strumenti urbanistici vigenti”

Per quanto riguarda l’inquadramento del sito all’interno del Piano di Tutela delle Acque – Regione Veneto si evidenzia che:

- il Sito ricade all’interno del “Bacino scolante nella Laguna di Venezia”, zona nella quale si riscontra la presenza di numerosi corsi d’acqua; in corrispondenza dell’area di interesse, la falda freatica presenta un grado di vulnerabilità medio-alto;
- il Sito ricade all’interno di una zona di pianura “tributaria della Laguna di Venezia”;
- l’area non ricade all’interno di zone con acquiferi confinati pregiati, da sottoporre a tutela.



Dallo stralcio della cartografia allegata al Piano Faunistica Venatorio si evince che il sito è compreso nell'Ambito Territoriale di Caccia "ve3" e che a Est di questa è presente il "Territorio vallivo-lagunare", che comprende al suo interno aree denominate "oasi di protezione della fauna".

2. Descrizione delle caratteristiche del deposito: perimetrazione delle aree occupate dalle CdP con identificazione delle zone in cui le CdP si trovano a contatto con le acque di falda e quantificazione delle CdP presenti nel deposito

L'attività di recupero delle CDP è prevista all'interno dello stesso Sito in cui le stesse risultano attualmente depositate, che si localizza a pochi km dalla fascia costiera lagunare, non lontano dal polo industriale di Marghera in area altamente antropizzata e classificata come una delle quattro aree a maggior inquinamento della Regione Veneto.

Nell'intorno del deposito, a meno del confine nord ovest dello stesso dove il passaggio della S.S. Romea lo divide da un'area commerciale, sono presenti aree agricole produttive. Il Sito risulta facilmente accessibile attraverso un accesso carraio ubicato su Via Bastiette, a poca distanza dalla S.S. Romea attraverso la quale è facilmente e rapidamente raggiungibile l'area industriale-portuale di Porto Marghera. Si sottolinea che la strada statale Romea è soggetta ad un'importante attività viaria caratterizzata da una elevata percentuale di mezzi pesanti.

Nel 2011 la società V.R.M. srl ha effettuato una serie di interventi di messa in sicurezza del sito che hanno avuto come oggetto la realizzazione di una copertura (capping), sulle superfici del deposito soggette al dilavamento, il cui recapito diretto è costituito dai fossati perimetrali del sito (aree critiche).

Gli interventi si sono articolati nel seguente ordine:

- riprofilatura del fossato al confine sud-ovest del sito;
- riprofilatura del fossato al confine sud-est del sito;
- riprofilatura del fossato di collegamento;
- risagomatura del controfosso;
- confinamento delle sponde delle aree critiche mediante capping.

Gli interventi descritti, realizzati nei confini del sito dove risultavano tecnicamente ed efficacemente realizzabili, quindi, in particolare, al confine con il fondo Pivotto, sono stati finalizzati a garantire la più efficace messa in sicurezza di emergenza, evitando, al contempo,



l'ipotetica eventualità che il fondo del vicino confinante venisse interessato dal deflusso di acque meteoriche contaminate provenienti dall'area VRM.

L'intervento di messa in sicurezza ha reso l'intera area isolata dall'ambiente esterno tramite l'impermeabilizzazione dei fossati perimetrali ed il convogliamento delle acque alle vasche di laminazione presenti nel sito, mediante idonei fossati interni di raccolta e sistemi di rilancio.

Successivamente, nel 2015, all'interno del progetto di MIS dell'area, è stato installato un impianto mobile di depurazione, già autorizzato, costituito da una sezione di trattamento chimico-fisico ed una successiva filtrazione spinta per la separazione della matrice solida (fanghi) dall'acqua chiarificata, per consentire la riduzione dei quantitativi di acqua presenti nei "laghetti" artificiali nel deposito.

Si è provveduto alla riduzione delle aree di invaso, così da evitare in caso di abbondanti piogge, il loro accumulo e la possibilità di eventuali tracimazioni verso i terreni circostanti, attività conclusasi nello stesso anno con lo svuotamento di tutti i laghetti. È stato mantenuto un piccolo invaso di convogliamento delle eventuali acque piovane all'impianto di depurazione ed è stato ridotto il volume di invaso degli stessi. Nello stesso anno la società ha ridotto i quantitativi di acqua presente nel controfosso lato Bortoletto e ne ha ridotto le dimensioni; successivamente ha svuotato completamente la vasca in HDPE presente sul lato sud-est del deposito, riducendo drasticamente le aree depresse e i relativi quantitativi di acqua presente.

A gennaio 2021, l'impianto di depurazione è stato dismesso in quanto i quantitativi di acque da trattare sono diventati minimi ed è stato attivato un contratto con una ditta autorizzata in categoria 8 per l'effettuazione dello smaltimento/recupero del rifiuto contenuto nelle vasche di

accumulo delle acque di dilavamento. In particolare, è stato concordato che l'intervento debba avvenire entro un massimo di 48 ore dalla chiamata.



Figura 1: Rilievo con drone effettuato dalla società in data 24/07/2017, che rappresenta lo stato del deposito. Si nota come gran parte dell'area è coperta da una folta coltre arbustiva.

La stima delle quantità di rifiuti recuperabili presenti presso il Sito è stata condotta attraverso rilievi topografici ed indicazioni ottenute dalle prospezioni geologiche, effettuate ed approfondite negli anni, che hanno consentito di valutare fino a quale quota rispetto al p.c. sono presenti le CDP. In tal modo sono stati dapprima stimati i volumi delle CDP all'interno del Sito e, successivamente, attraverso una stima del peso specifico del materiale, sono state ottenute delle indicazioni (comunque approssimative) delle quantità di rifiuto da sottoporre a recupero.

Dagli studi effettuati negli anni sul sito si stima che il quantitativo di ceneri di pirite presente ammonti a circa 470.000mc. distribuiti nel sito con zone dove i cumuli più alti raggiungono la quota di circa 16 mt.

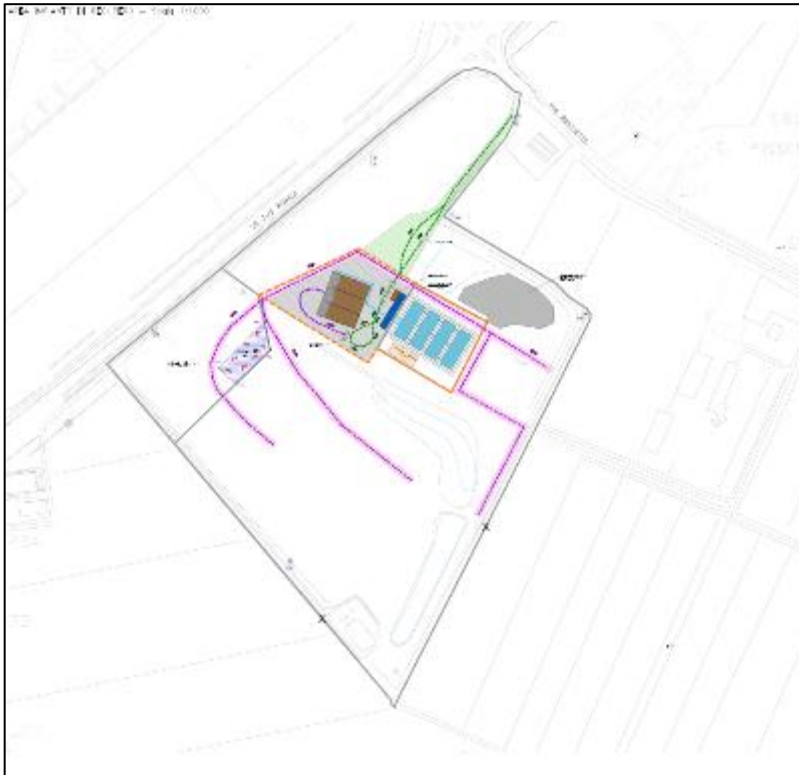


Figura 2: Planimetria dell'area di impianto con identificate le strade e le aree operative

Nel corso del 2024 è stato realizzato all'interno del deposito un nuovo piezometro denominato Pz7P realizzando un foro di sondaggio fino alla profondità di 10 m ed installando il piezometro alla profondità di 7 m, dove sono stati realizzati il filtro granulare e la finestratura. Il sondaggio è stato effettuato a carotaggio continuo ed ha campionato tutto il tratto di sedimento sottostante le ceneri. La stratigrafia del piezometro (Fig. 3) è stata determinata sulla base dei log di sondaggio ed integrata con i risultati delle analisi mineralogiche multi-tecnica.

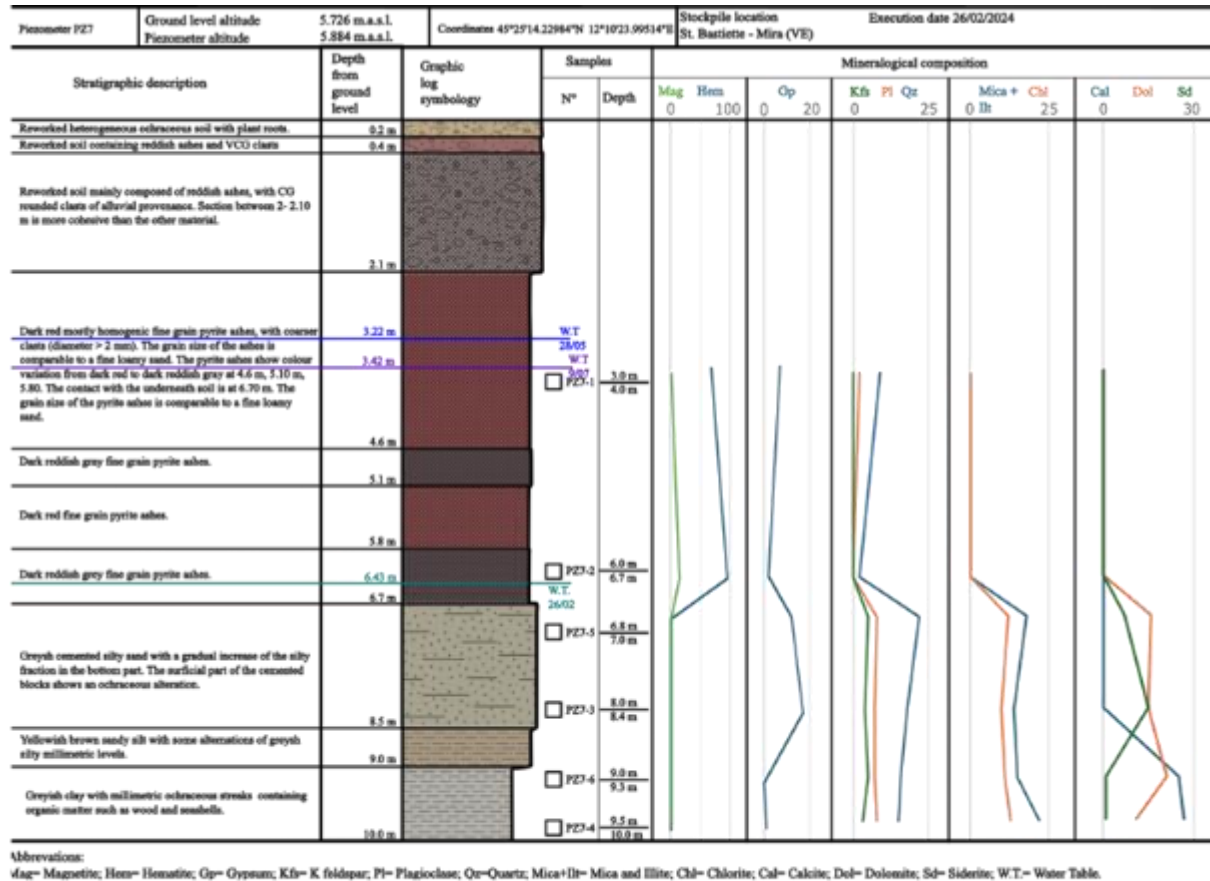


Figura 3. Caratteristiche sedimentarie e composizionali del piezometro PZ7P determinate da analisi multi-tecnica (da: Giacomella, 2025). Il log riporta le profondità misurate della tavola d'acqua (WT) nelle date indicate e le composizioni mineralogiche dei sedimenti determinate attraverso l'analisi di 6 campioni (PZ7-1/PZ7-6). I dettagli delle analisi mineralogiche sono riportati in Tab. 3.

Nell'area del deposito attraversata da PZ7P le ceneri di pirite hanno ad oggi uno spessore di c. 4.5 m. Queste ceneri poggiano su un livello di sabbia siltosa dello spessore di poco meno di 2 m, che noi interpretiamo appartenenti all'Unità di Dolo. Questo livello ospita l'acquifero superficiale, che in questa zona del deposito si trova in diretto contatto con le ceneri. La sezione più profonda del piezometro è fatta di 1.5 m di silt ed argilla che si alternano in livelli anche millimetrici.

La Fig. 3 mostra la posizione dei 6 campioni di sedimento raccolti per eseguire analisi multi-tecnica ed il loro rapporto con la stratigrafia locale. La doppia campionatura di ceneri e sedimenti (Fig. 4) assicura una maggiore caratterizzazione del materiale. I campioni di sedimento sono stati sottoposti a setacciamento, analisi di distribuzione granulometrica e le tipologie di analisi sintetizzate in Tabella 1.



Figura 4. Stratigrafia del piezometro PZ7 visibile attraverso le cassette di carotaggio utilizzate per stoccare i campioni. Le aree tratteggiate indicano le porzioni di sedimento che sono state raccolte per eseguire due analisi rappresentative delle ceneri e di tutte le tipologie di sedimento attraversato. Le analisi multi-tecnica hanno richiesto la raccolta di volumi anche significativi di sedimento (vedi testo).

Successivamente alla realizzazione del piezometro, si sono effettuate diverse misure *in situ* di pH, temperatura, Eh, ossigeno disciolto, *oxygen redox potential* e conducibilità elettrica dell'acqua utilizzando una sonda multi-parametrica (HI98494, HANNA Instruments). Un campione è stato raccolto per la conduzione di analisi chimiche dei componenti maggiori, minori ed in traccia. Di questo campione si sono raccolte tre aliquote distinte, i.e. un tal quale, un'aliquota filtrata ed

acidificata con HNO_3 (rapporto 1/100) ed una acidificata con HCl (rapporto 1/100). Le tecniche analitiche utilizzate per le analisi dell'acqua sono riportate in Tabella 2.

Tabella 1. Tecniche analitiche e dati ottenuti dalle analisi di sedimenti ed acqua

Tecnica	Caratteristiche	Dati raccolti
CAMPIONI SOLIDI		
Diffrazione a raggi X delle polveri (sedimento) Strumento: diffrattometro APD 2000PRO (GNR, Italia)	Analisi di polveri	Analisi mineralogica quantitativa calibrata, supportata da dati SEM-EDS
SEM-EDS (sedimento) Strumento: EM30 AX (Coxem, Corea) con microanalisi EDS Oxford AZtec	Analisi mineralogica e composizionale di singoli granuli di campione <i>tal quale</i>	Analisi mineralogica e chimica identificativa di fasi cristalline ed amorse
Fluorescenza a raggi X (sedimento) Strumento: spettrometro SPECTRO XEPOS	Analisi di polveri di campione pressate	Determinazione delle concentrazioni dei componenti chimici maggiori dei sedimenti espressi in ossidi (Al_2O_3 , Na_2O , K_2O , CaO , MgO , Fe_2O_3 , TiO_2 , P_2O_5)
ICP-MS (sedimento) Procedimento multi-tecnica denominato "Ultratrace 6" di Activation Laboratories Ltd. (Canada)	Analisi chimica dei campioni solidi attraverso digestione totale con 4 acidi (HCl , HNO_3 , HClO_4 , HF)	Determinazione delle concentrazioni di Li, Be, B, Sc, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Ag, Au, Tl, Pb, Hg
Test di cessione (<i>Leaching test</i>) (ceneri) Procedimento definito dal regolamento EN UNI_12457 – 2:2002 Analisi effettuate <i>in house</i> (Veneta Mineraria) e presso l'Università di Firenze (Dipartimento di Scienze della Terra)	Single batch test della durata di 24 h che produce eluati successivamente analizzati con cromatografia ionica (Metrohm 761) ed ICP-MS (Agilent 7800)	Determinazione delle concentrazioni di Ba, Cu, Zn, Be, Co, Ni, V, Pb, Cr, Fe
ACQUE		
Cromatografia ionica (acque ed eluati dei leaching test) Strumento: sistema Thermo Scientific Dionex Aquion	Analisi di anioni e cationi	Concentrazione dei cationi (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) e degli anioni (Cl^- , SO_4^{2-}) principali
Spettrometria (acque) Strumenti: Spettrometri di massa ICP-OES ed ICP-MS	Analisi dei elementi minori	Concentrazione di Li, Al, V, Cu, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Rb, Sr, Cd, Sb, Ba, Tl, Pb, Th, U

2.1 Modello d'interazione ceneri di pirite-ambiente

L'interazione tra il deposito di ceneri di Mira e l'ambiente (Fig. 5) è stato definito attraverso un modello concettuale utilizzato in letteratura (Lottenmoser, 2010) che considera tutte le matrici potenzialmente coinvolte in un ambiente di stoccaggio all'aperto di minerali.

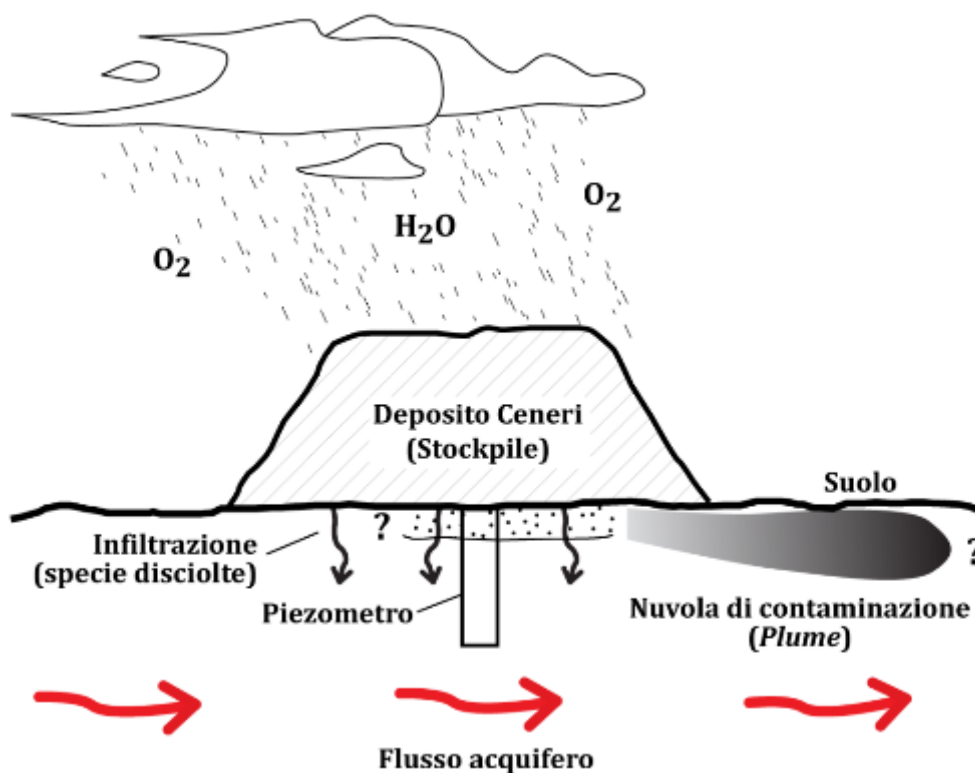


Figura 5 Modello concettuale d'interazione (non in scala) tra il deposito di ceneri di Mira e l'ambiente esterno, Il modello considera i rapporti conosciuti tra il deposito ed il sottosuolo, le matrici coinvolte nell'interazione (acqua piovana, deposito, sedimenti, soluzione d'infiltrazione, acquifero) e la creazione di un potenziale *plume* di contaminazione causato dall'infiltrazione di specie liscivate dal deposito e trasferire nell'acquifero a causa del substrato permeabile.

I metodi utilizzati per definire le interazioni sono sintetizzati in Tabella 2, che riporta il tipo d'informazioni ed i vincoli che questi metodi forniscono. È importante notare che la combinazione di questi metodi permette:

- a. La definizione delle composizioni di tutte le matrici presenti nel deposito, i.e. le ceneri di pirite, i sedimenti, dalle soluzioni generate dall'interazione tra deposito e le acque superficiali, e dalle acque (acide) di pioggia tipiche degli ambienti urbani, che hanno un

pH di 4-4.5 (Berner and Berner, 2012). Le acque di pioggia sono state riprodotte in laboratorio per eseguire i test di cessione;

- b. Di costituire la base conoscitiva per gli interventi di bonifica attuali e futuri;
- c. Di mettere in relazione tutte le matrici analizzate. La variazione della composizione mineralogica e chimica di ceneri, sedimenti, ed acqua del sottosuolo non possono infatti variare indipendentemente le une dalle altre, ma sono controllate dalle proprietà fisico-chimiche delle fasi solide e liquide presenti, che tendono a stabilire nel tempo condizioni di equilibrio termodinamico. I calcoli di trasferimento di massa permettono di definire quali specie mineralogiche sono coinvolte nell'interazione e quali dei loro componenti sono mobilizzati durante l'interazione. I calcoli di trasferimento di massa sono definiti da una letteratura geologica consolidata relativa allo studio della genesi dei giacimenti minerari (Garofalo, 2004; Garofalo et al., 2023; Mountain and Williams-Jones, 1996). La relazione PAEM (p. 41 e ss) riporta i risultati di questi calcoli per un dataset di campioni rappresentativi di 10 sondaggi effettuati nelle zone perimetrali del deposito (T7-1-T7-5 e T10-1-T10-5, Fig 6). La realizzazione del sondaggio per il piezometro PZ7P ha permesso di effettuare i calcoli di trasferimento di massa anche per la sezione di sedimento sottostante il deposito. Ciò permette una comparazione tra i processi attivi in posizioni diverse del sottosuolo del deposito;
- d. Utilizzare gli equilibri (termodinamici) fluido-minerale per calcolare le concentrazioni teoricamente previste all'equilibrio di un numero significativo di inquinanti (Al, Co, Fe, Mn, Cu, Zn ed altri, cf. Tab. 3) e compararle con le conclusioni tratte dai calcoli di trasferimento di massa.

Di seguito, verranno riassunti i risultati ottenuti dagli studi precedenti del sito sui 10 sondaggi T7 e T10 effettuati al perimetro del deposito e verranno presentati i risultati dello studio del piezometro PZ7P e le analisi di tutte le sue matrici.

Tabella 2. Sintesi dei metodi utilizzati per vincolare le interazioni deposito-ambiente

Metodo	Dati ottenuti	Tecnica utilizzata
Composizione mineralogica	Definizione delle composizioni mineralogiche di sedimenti e ceneri di pirite. Forniscono informazioni sulle fasi solide che possono ospitare dei contaminanti. Attraverso opportune calibrazioni, si può determinare la concentrazione delle fasi minerali e amorfe. Composizioni certificate.	Diffrazione a raggi X (XRD). Microscopia Elettronica a Scansione (SEM)
Composizione chimica di ceneri e sedimenti	Definizione della concentrazione dei componenti maggiori (Al_2O_3 , Na_2O , K_2O , CaO , MgO , Fe_2O_3 , TiO_2 , P_2O_5), dei metalli pesanti (Zn, Cu, Ni), e degli elementi tipicamente pericolosi per l'ambiente e la salute (Cd, Cr, Pb, As, Tl, Hg). Composizioni certificate.	Digestione in acqua regia. Fluorescenza a raggi X (XRF). Spettrometria di massa a plasma accoppiate induttivamente (ICP-MS).
Test di cessione di ceneri e sedimenti	Test stabilito per legge per materiali granulari, inerti o rifiuti (DM 5/2/1998; D.Lgs 152/2006). Identifica gli inquinanti presenti in un materiale inerte o rifiuto, in modo da escludere rischi di contaminazione delle acque sotterranee e l'ambiente in genere. Dati certificati e non.	Single batch test (certificato) della durata di 24 h che segue la metodica del regolamento EN UNI_12457 – 2:2002. Single batch test (non certificato) eseguito per 7 giorni utilizzando una soluzione acida (pH: 4.1).
Analisi di trasferimento di massa	Definizione dei componenti chimici mobili ed immobili in sedimenti e ceneri attraverso la combinazione dei dati mineralogici e chimici. Calcolo della proporzione di componenti chimici (g/t, mg/t) trasferiti dal deposito di ceneri all'ambiente circostante, in particolare nei sedimenti e nelle acque	Analisi multi-campione degli elementi immobili. Calcoli di trasferimento di massa.
Composizione chimica acque	Concentrazione di anioni e cationi principali, metalli e non metalli disciolti nelle acque dei piezometri e negli eluati generati da test di cessione. Composizioni certificate e non.	Cromatografia ionica. ICP-MS ICP-OES
Equilibri fluido-minerale	Minerali stabili/instabili e specie in soluzione durante l'interazione fluido-sedimento in condizioni di equilibrio termodinamico.	Software PHREEQCI

2.2 Dati pregressi

I dati composizionali relativi alle ceneri di pirite ed ai sedimenti delle zone perimetrali del deposito, oltre che i dati sui test di cessione, mostrano che queste matrici hanno le seguenti caratteristiche (Tab. 3):

- 1 Le ceneri di pirite sono formate essenzialmente da ossidi di Fe e sono del tutto simili ad una risorsa mineraria. Questa evidenza è rilevante se si considera che i tenori di Fe_2O_3 nelle ceneri (74-86 wt%) sono perfettamente comparabili a quelli dei giacimenti storici di Fe del continente americano (i.e., *Banded Iron Formation*), che erano di 84-87 wt% nei giacimenti più ricchi (i.e., “high grade blue/brown ore” di Morey, 1999). Da questo punto di vista, il deposito di ceneri si può identificare come uno *stockpile* minerario, vale a dire “un volume di minerale utile non sfruttato che è accumulato come scorta in condizioni appropriate per uno sfruttamento successivo” (Ridley, 2013);
- 2 La concentrazione dei componenti maggiori Ca, Mg, SO_4^{2-} , HCO_3^- e di quelli in traccia Cu e Zn nelle acque di sottosuolo variano a causa della solubilità di gesso, carbonati e sostanza non cristallina (amorfa), tutti presenti nelle ceneri e nei sedimenti in concentrazioni significative. La dissoluzione-precipitazione di queste fasi in tutte le matrici spiega la mobilità di Ca, Mg, Cu, e Zn nei sedimenti;
- 3 I test di cessione a 24 h e 7 giorni in acqua acida e distillata sui sedimenti sottostanti le ceneri di pirite generano eluati con concentrazioni di Zn e Cu. Tuttavia, si fa notare che questi test sono stati effettuati in due laboratori diversi su aliquote identiche di campione, ma hanno dato risultati significativamente diversi. Questo indica una scarsa riproducibilità, che è d'altra parte riconosciuta in letteratura per questi test (Torretta and Puricelli, 2015; Zandi et al., 2007). Ciò implica cautela nell'interpretazione dei risultati;
- 4 I componenti sicuramente trasferiti dalle ceneri al sedimento sottostante sono SO_4^{2-} e Fe.

Tabella 3. Sintesi delle analisi degli studi precedenti e vincoli ottenuti (Serie di sondaggi T7 e T10. Relazione PAEM)

Metodo	Dati ottenuti	Vincolo
Composizione mineralogica	<p>Ceneri: costituite per >65 wt% da ossidi di Fe (ematite, magnetite, goethite). Componenti minori: fasi amorfe (c. 15 wt%), quarzo (5-6 wt%), clorite (2-5 wt%), plagioclasti (c. 4 wt%), dolomite (1-3 wt%), gesso (3-5 wt%);</p> <p>Limo argilloso: quarzo (20-35 wt%), quarzo+feldspati (39-42 wt%), clorite+mica (23-42 wt%), dolomite+calcite (12-28 wt%), sostanza amorfa (8-13 wt%);</p> <p>Sabbia limosa: quarzo (30-37 wt%), clorite+mica (9-37 wt%), quarzo+feldspati (42-56), dolomite+calcite (0-33 wt%), sostanza amorfa (2-11 wt%)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Le ceneri sono costituite per la maggior parte da ossidi di Fe. Questa caratteristica composizionale li identifica come degli <i>stockpile</i>; 2. Solubilità del gesso presente nelle ceneri controlla la concentrazione di Ca e SO_4^{2-} nelle acque del sottosuolo; 3. Solubilità di calcite e dolomite delle ceneri e del sedimento controllano la concentrazione di Ca, bicarbonati (HCO_3^-) e carbonati (CO_3^{2-}) nelle acque di sottosuolo; 4. La solubilità delle fasi amorfe delle ceneri e dei sedimenti controllano la concentrazione dei metalli di transizione (e.g., Cu, Zn) nelle acque del sottosuolo.
Composizione chimica	<p>Ceneri: Fe_2O_3: 74-86 wt%; Al_2O_3 (1.5-7.5 wt%), S (3 wt%) e CaO (2-4.8 wt%).</p> <p>As: 225-575 ppm, Co: 125-165 ppm, Cr: 10-15 ppm; Ni: 15 ppm, Zn: 1500-3400 ppm, Cu: 1900-2100 ppm; Pb: 240-530 ppm; Hg: 670 ppb</p> <p>Sedimenti: concentrazioni dei componenti maggiori tipiche dei sedimenti limoso-argillosi/sabbiosi.</p> <p>As: 10-25 ppm; Co: 10-100 ppm; Cr: 10-40 ppm; Ni: 10-40 ppm; Zn: 50-4800 ppm; Cu: 20-170 ppm; Pb: 5-130 ppm; Hg: 10-100 ppm</p>	
Test di cessione	Lisciviazione di Zn e Cu dai suoli sottostanti il deposito (massime concentrazioni: Zn = 1.06 ppm; Cu = 45.8 ppm), ma risultati poco riproducibili	I risultati di questi test sono da interpretare con cautela
Trasferimento di massa	<ol style="list-style-type: none"> 1. Componenti immobili dei sedimenti: Al_2O_3, Fe_2O_3, As, V, Li, Be, K_2O, Tl; 2. Componenti mobili dei sedimenti: Cu, CaO, MgO, P_2O_5; Co; Zn, B 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Variazioni significative di calcite e dolomite nei sedimenti dovute a dissoluzione-precipitazione determina la mobilità di Ca e Mg nei sedimenti e nelle acque di sottosuolo; 2. Mobilità di P_2O_5, B, Cu, Zn, e Co dovute probabilmente alla sovra/sottosaturazione della fase amorfa nel sottosuolo; 3. Componenti mobilizzati dalle ceneri di pirite: SO_4^{2-}, Fe

2.3 Dati mineralogici

Le ceneri di pirite del sondaggio PZ7P (Tab. 4) mostrano un'altissima concentrazione di ossidi di Fe (ematite ed in misura minore magnetite), superiore all'80 wt%. La componente mineralogica minore è costituita da gesso e silicati (quarzo, plagioclasio).

Il rapporto ematite/magnetite variabile è la caratteristica sicuramente più importante delle ceneri perché ne controlla anche il colore alla macroscale. Il campione PZ7-2 costituito per il 96% da ematite è quello con il colore più scuro, da cui si può dedurre che le ceneri identificate macroscopicamente con il colore più scuro sono anche quelle con la concentrazione più alta di ematite.

Tabella 4. Composizione mineralogica dei campioni di sedimento del piezometro PZ7P

Campione	PZ7-1	PZ7-2	PZ7-5	PZ7-3	PZ7-6	PZ7-4
Composizione	Ceneri	Ceneri	Sabbia siltosa	Sabbia siltosa	Argilla	Argilla
Profondità (m)	3.0-4.0	6.0-6.7	6.8-7.0	8.0-8.4	9.0-9.3	9.5-10.0
Ematite	69	96				
Magnetite	13					
Gesso	7	2	12	17	1	
Quarzo	9	2	22	18	15	16
Plagioclasio	2		8	7	8	7
K-feldspato			5	4	3	5
Mica/illite + inter. I-S			18	14	22	15
Clorite			12	10	13	11
Calcite					27	25
Dolomite			16	15	11	21
Siderite			7	15	1*	1*

*: Concentrazioni calcolate per differenza

Le sabbie siltose e le argille sottostanti le ceneri (Figg. 3 e 4) hanno una composizione che è dominata dai silicati (abbondanza cumulativa di quarzo-plagioclasio-K feldspato-miche-clorite > 53 wt%). Le sabbie mostrano la tipica alta concentrazione di quarzo, plagioclasio e K feldspato e le argille una proporzione maggiore di miche e clorite. Il gesso è presente in concentrazioni significative nella frazione sabbiosa (>12 wt%), in cui è presente anche un tenore significativo di carbonati (dolomite e siderite). Si fa notare l'abbondante presenza di siderite (carbonato di Fe: FeCO_3) soltanto nelle sabbie in contatto con le ceneri (PZ7-5 e PZ7-3), e la sua sostanziale assenza

nelle argille immediatamente sottostanti. Inoltre, la calcite è un minerale abbondante nelle argille di fondo (> 25wt%) ma è assente nelle sabbie più permeabili.

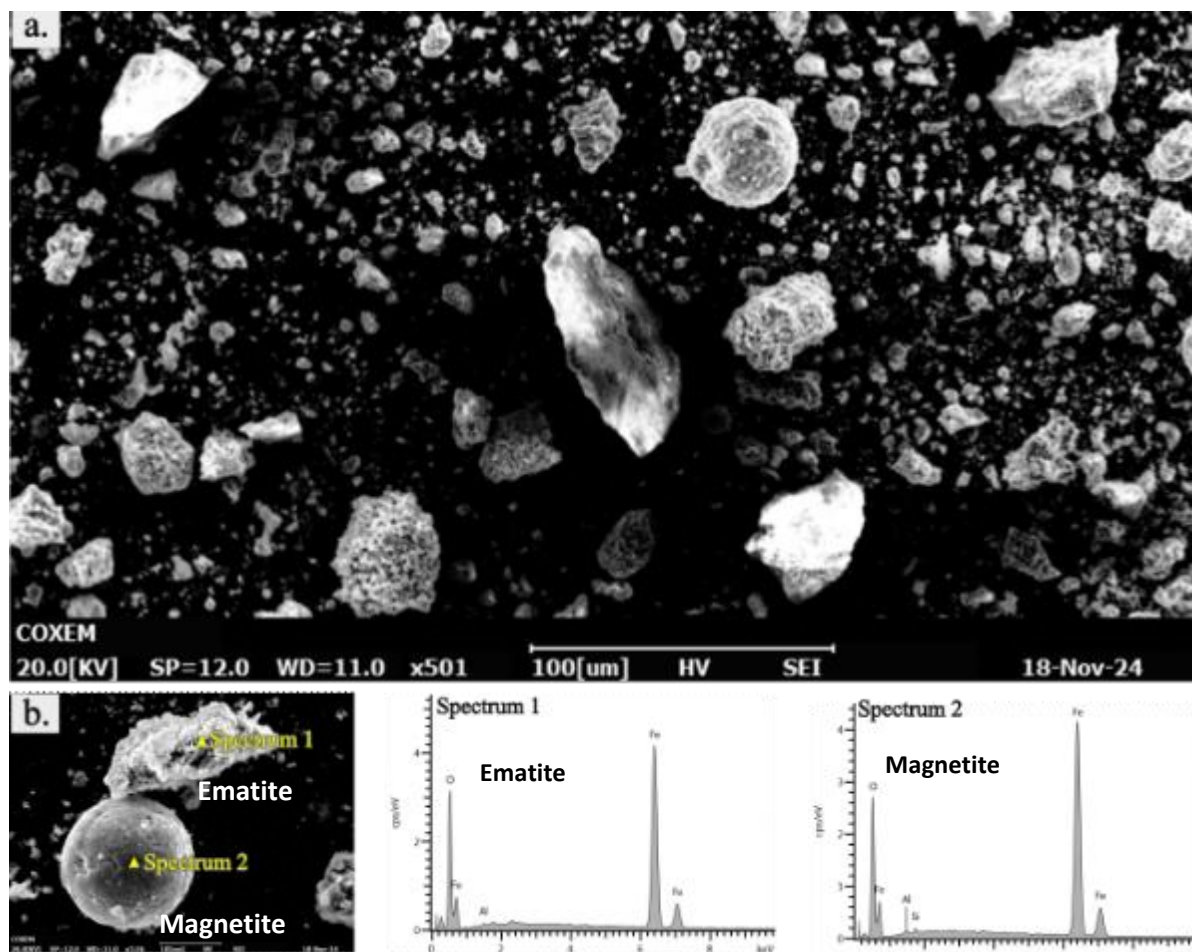


Figura 6. Analisi al SEM campione di ceneri PZ7-1 del piezometro PZ7. **a.** Immagine SEM ad elettroni retrodiffusi con granuli di varia forma e composizione. **b.** Dettaglio di un granulo di magnetite adiacente ad uno di ematite di PZ7-1. Si noti la forma differente delle due fasi, facilmente riconoscibile, ed i due diversi spettri EDS.

Le analisi al SEM di diversi campioni di ceneri (Figg. 6-8) hanno permesso di definire alcune caratteristiche significative:

1. I granuli di cenere di forma diversa hanno anche composizione mineralogica diversa (Fig. 8): quelli irregolari sono aggregati di ematite, mentre quelli sferici regolari sono magnetite. Il campione PZ7-1 costituito da c. 69 wt% di ematite è quello con l'abbondanza maggiore di granuli irregolari;

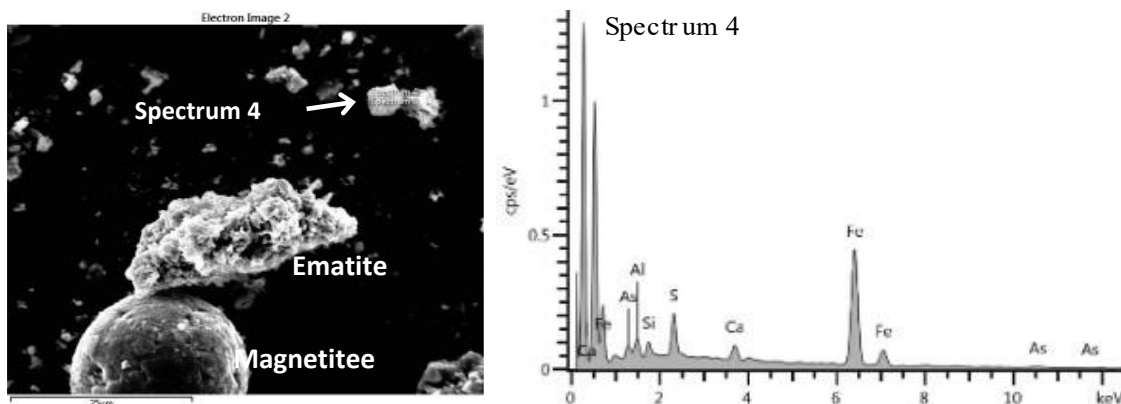


Figura 7. Immagine SEM ad elettroni retrodiffusi di ematite e magnetite del campione di ceneri PZ7-1 e spettro EDS che mostra l'identificazione di un aggregato solido fatto di una fase non identificata di Ca, Fe, Al, As e Si e gesso.

2. Le analisi SEM mostrano la presenza di fasi minori come la barite (BaSO_4) non misurabili con la tecnica di diffrazione a raggi X, oltre che la presenza di fasi non identificate contenenti As (Fig. 7);
3. Granuli a tessitura composita (Fig. 8) sono fatti da aggregati di ematite e di un solfato di Ca-Mg-Cu-Zn

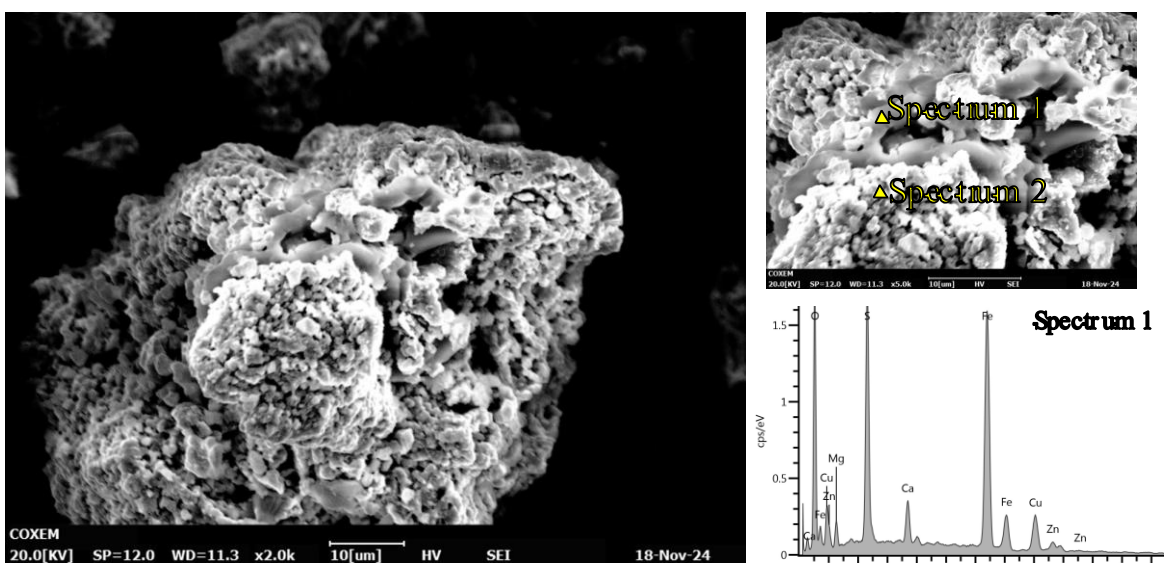


Figura 8. Immagine SEM ad elettroni retrodiffusi di ematite del campione di ceneri PZ7-1 e spettro EDS della fase a morfologia ramificata fatta di un solfato di Ca, Cu, Mg e Zn.

2.4 Dati geochimici

Le ceneri mostrano altissime concentrazioni di Fe_2O_3 (>78 wt%, Tab. 6). I componenti in traccia a più alta concentrazione sono Cu e Zn (rispettivamente, con 3440 e 1930 ppm) insieme ad As e Pb (rispettivamente, con 807 e 440 ppm).

Nei sedimenti, l'elevata concentrazione di SiO_2 , CaO e Al_2O_3 sono in linea con la composizione mineralogica fatta di feldspati, miche e carbonati. Nelle sabbie, le elevate concentrazioni di CaO (12-14 wt%) accoppiate con quelle dello S (SO_3 : 8-10 wt%) sono coerenti con la presenza di gesso (Tab. 5). Il tenore di Zn nei campioni di sabbia siltosa immediatamente sottostante le ceneri sono alti e superiori al limite di determinazione (5000 ppm).

I test di cessione rappresentano la tipologia di analisi tecnicamente più complessa di questo lavoro. Nonostante l'attenzione posta nella fase di campionamento (raccolta di un campione >2 kg di peso), essiccazione, setacciatura, inquartamento, preparazione di aliquote identiche di campione, ed esecuzione della procedura analitica in ottemperanza al regolamento EN UNI_12457 – 2:2002, i campioni hanno generato eluati significativamente diversi. Ad esempio, le aliquote PZ7-1E e PZ7-1F – preparate dallo stesso campione PZ7-1 ma analizzate in laboratori diversi (Tab. 6) – hanno generato eluati con proprietà radicalmente diverse. In particolare, le prime misure di banco di pH e conducibilità sono risultate radicalmente diverse, ed a queste hanno corrisposto composizioni diverse degli eluati. Ciò implica che i risultati di questi test possono essere considerati soltanto qualitativamente. Il filtraggio con la membrana di 0.45 μm , che è cruciale per questi test, potrebbe non essere efficiente per la rimozione di materiale colloidale presente negli eluati. Sulla base di questo, si conclude che le aliquote PZ7-1E e PZ7-1F del campione PZ7-1 (di colore più chiaro e con la più alta concentrazione di magnetite) sono quelle che hanno generato concentrazioni di metalli *inferiori* a quelli delle aliquote PZ7-2E e PZ7-2F preparati dal campione PZ7-2 con la più alta concentrazione di ematite.

**Tabella 5.** Composizione chimica dei campioni del sondaggio PZ7P

Componente	PZ7-1	PZ7-2	PZ7-5	PZ7-3	PZ7-6	PZ7-4
wt%						
Al ₂ O ₃	1.28	0.47	11.39	8.00	12.76	8.41
Na ₂ O	0.95	0.36	2.92	2.99	1.03	0.12
SiO ₂	3.65	0.93	21.09	16.31	22.20	18.12
K ₂ O	0.14	0.05	2.00	1.52	2.67	1.53
CaO	1.09	0.29	12.56	14.83	22.82	24.70
MgO	0.35	0.03	3.16	3.03	3.00	3.40
Fe ₂ O ₃	78.16	90.33	10.13	11.20	5.24	3.22
TiO ₂	0.06	0.01	0.42	0.35	0.39	0.37
P ₂ O ₅	0.03	0.02	0.13	0.08	0.13	0.21
SO ₃	2.59	1.31	7.88	10.31	0.20	0.21
ppm						
Li	1.1	0.3	24.2	16.3	26	21.8
Be	< 0.1	< 0.1	0.8	0.6	1.1	0.7
B	2	< 1	13	8	16	14
Sc	1	0.5	3.5	2.4	4.2	4
V	10	5	29	21	31	32
Cr	5	2	22	16	25	25
Mn	99	79	891	1050	712	436
Co	132	61.3	96.5	82.6	11.5	9.8
Ni	9.1	5.1	22.3	19.2	22.9	23.4
Cu	3440	1340	46.1	17.3	25.8	20.5
Zn	1930	1070	>5000*	>5000*	85.9	63.7
As	807	129	91	45.3	36.9	15.4
Rb	1.6	0.3	22.2	16.2	27.1	20.4
Sr	21.2	7.7	37.4	58.6	105	158
Y	1.49	0.53	7.87	9.6	11.4	9.27
Zr	3.9	1.6	1.8	1.9	2.2	2.8
Tl	2.98	0.12	0.19	0.14	0.22	0.16
Pb	440	18.1	28	15	32.5	16
Hg	0.64	0.08	0.03	0.02	0.02	0.02



*: concentrazione più alta del limite massimo di determinazione della tecnica

Tabella 6. Risultati dei test di cessione

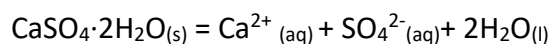
	Laboratorio Veneta Mineraria		Università di Firenze	
	PZ7-1E	PZ7-2E	PZ7-1EF	PZ7-2EF
pH	7.07	2.57	6.167	2.782
EC $\mu\text{S}/\text{cm}$	12.63	2.49	2.267	2.078
[mg/L]				
Na ⁺			6.061	3.211
K ⁺			5.007	1.856
Mg ²⁺			61.963	23.703
Ca ²⁺			566.068	195.555
[ppb]				
Ba	<10	<10	27.99	51.49
Cu	<10	68000	36.79	70075.51
Zn	9690	53500	30887.82	40583.72
Co	890	1310	2091.65	738.71
Ni	<10	880	93.08	66.09
V	10	50	0.14	0.56
Pb	3910	850	1.61	3.78
Cd	<10	300	457.51	42.62
Cr	10	1250	0.69	11.24
Fe	3490	124000	98.09	43307.12
Li			13.54	7.25
Al			190.91	14158.41
Se			43.45	<LOD
Rb			9.12	2.6
Sr			132.92	97.24
Sb			4.4	0.1
Cs			0.27	0.3
Tl			9.32	1.53
Th			0.1	0.33
U			0.1	6.3
Anioni [mg/L]				
Bicarbonati			115.9	
Fluoruri	3.75	4.945	0.29	2.20
Cloruri	2.94	353.58	5.29	21.42
Nitriti	0	97.17	0	0
Nitrati	39.89	69.50	0.19	0.85
Solfati	1979.33	1419.83	1602.48	1189.99

Nota: Tutti i campioni sono stati preparati ed analizzati seguendo la metodica del regolamento EN UNI_12457 – 2:2002. I campioni denominati PZ7-1E e PZ7-1EF, oltre

che PZ7-2E e PZ7-2EF, sono aliquote identiche dello stesso campione. Da: Giacomella (2025)

Le proprietà fisico-chimiche dell'acqua di sottosuolo del piezometro PZ7P sono state misurate nel Maggio 2024 e Luglio 2024 dopo il completamento del sondaggio e della posa in opera (valori Maggio: pH = 6.17; T = 15.2 °C; valori Luglio: pH = 5.57 e T = 19.0 °C). La composizione chimica dell'acqua è riportata in Tabella 8, che mostra anche una comparazione con i limiti di soglia della normativa.

Sulla base delle concentrazioni dei componenti maggiori, l'acqua del piezometro è classificabile come solfato-calcica. Le concentrazioni di Ca e $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ in soluzione sono molto probabilmente dovute alla parziale dissoluzione del gesso seguita all'interazione fluido-sedimento secondo la reazione (Blount and Dickson, 1973; Hardie, 1967):



La presenza di gesso nelle ceneri e nel livello sabbioso al loro contatto (Tab. 5) rende plausibile questa reazione modello per Mira. Concentrazioni molto basse di Na e K sono invece accoppiate a quelle elevate di Ca e $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$.

Una classificazione utile delle acque del piezometro PZ7P – e di tutte le acque di Mira in generale – è quella elaborata dal Servizio Geologico degli Stati Uniti (Diagramma di Ficklin: Plumlee et al., 1999) e basata sulle concentrazioni dei metalli pesanti ed il pH in acque naturali e di miniera (Fig. 9). Questa classificazione permette di valutare i processi che possono controllare la composizione delle acque quando non è possibile farlo con i componenti maggiori. Processi che controllano la formazione di acque solfato-calciche sono l'alterazione superficiale di solfuri (*acid mine drainage*) eventualmente presenti nell'area di campionamento, la presenza (o assenza) nell'ambiente della capacità tamponante di minerali come i carbonati, la variazione delle condizioni redox dell'interazione fluido-minerale, e la lisciviazione di metalli (e.g., Zn, Cd, As, Pb, Co) intrinsecamente presenti in minerali e rocce come elementi minori ed in traccia.

Attraverso lo schema classificativo di Ficklin, l'acqua PZ7J del piezometro è identificabile come “circa neutra, alta in metalli” (Fig. 9). Il processo che l'ha formata non può essere l'*acid mine drainage* di solfuri perché questi sono assenti nel deposito. Altre acque di sottosuolo campionate in passato (Maggio 2021 e 2023, Dicembre 2023, Novembre 2024) sono classificabili come “circa

neutre, alte in metalli”, tuttavia la maggior parte delle acque di sottosuolo sono “circa neutre-basse in metalli” (Fig. 9) e poche altre sono “acide, alte in metalli”. Un caso a parte sono da considerare le acque campionate il Dicembre 2021, che hanno mostrato concentrazioni di metalli sempre basse ma valori di pH che variano di 8 ordini di grandezza nel loro complesso. Questo set di dati è molto probabilmente il prodotto di un errore operativo nel campionamento dei piezometri, oppure la conseguenza di uno stoccaggio inadatto dei campioni prima delle analisi (S’liwka-Kaszyńska et al., 2003) L’insieme dei dati del Dicembre 2021 non va quindi considerato nell’interpretazione dei processi di sito.

Infine, l’insieme dei dati composizionali delle acque del deposito costituisce un dataset consistente che potrebbe indicare possibili *trend* composizionali, indicati in Fig. 9 con due segmenti tratteggiati. La significatività di questi trend e le indicazioni che questi possono dare in merito al rischio ambientale di sito non permettono ancora una risposta definitiva. Questi trend andrebbero meglio definiti attraverso uno studio idrogeologico/ambientale “di distretto” che dovrebbe includere l’analisi dell’acqua di sottosuolo esterna al deposito, specialmente quella delle aree di monte. Si auspica che queste aree esterne al sito diventino accessibili in futuro.

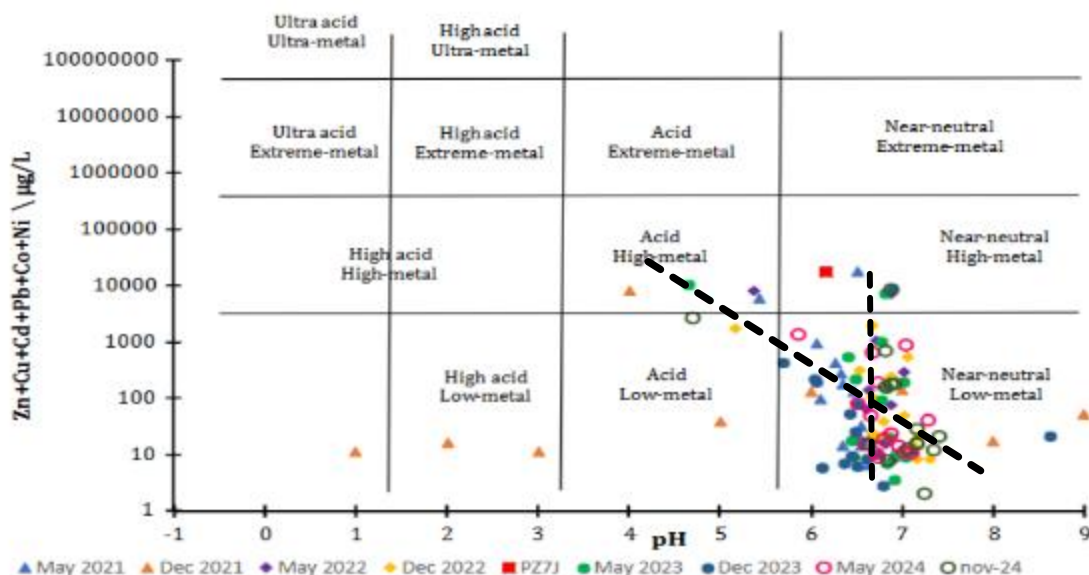


Figura 9. Classificazione delle acque dei piezometri di Mira sulla base del diagramma di Ficklin (da: Plumlee et al., 1999). Ciascun simbolo corrisponde alle acque di un piezometro del deposito campionato alla data indicata. Questa classificazione è stata elaborata dall'USGS per differenziare le acque solfato-calciche naturali e di miniera, che possono avere un intervallo molto ampio di pH (Compilazione dati di: Giacomella, 2025). I due segmenti tratteggiati marcano due possibili tendenze composizionali (vedi testo).

Tabella 7. Composizione dell'acqua del piezometro

Parametro	PZ7J Acqua	Soglia D.Lgs. 152/2006
[mg/L]		
HCO ₃ ⁻	-	
Na ⁺	3	
K ⁺	2	
Mg ²⁺	24	
Ca ²⁺	196	
F ⁻	2.2	
Cl ⁻	21	
NO ₃ ⁻	0.85	
(SO ₄) ²⁻	1190	
[ppb]		
Li	44.14	
Al	406.02	20000
V	0	
Cr	0.96	50000
Mn	5959.38	50000
Fe	1669979.06	200000
Co	257.72	50000
Ni	28	20000



Cu	33.18	1000000
Zn	17741.6	3000000
As	250.48	10000
Se	0	10000
Rb	24.56	
Sr	317.58	
Cd	10.28	5000
Sb	0.22	
Cs	0.32	
Ba	24.36	
Tl	0.06	2000
Pb	2.48	1000000
Th	0.08	
U	0.5	

da: Giacomella (2025)

2.5 Analisi del trasferimento di massa

L'analisi degli elementi immobili, combinata con il calcolo del trasferimento di massa, permette di definire gli effetti di dispersione dei componenti chimici delle ceneri e dei sedimenti. Queste determinazioni permettono di stabilire vincoli sul rischio ambientale dovuto alla mobilità di questi componenti, ed in particolare a quella degli elementi tipicamente pericolosi per l'ambiente e la salute.

Le modalità con cui vengono eseguite le analisi degli elementi immobili ed il calcolo del trasferimento di massa è riportata in una notevole letteratura di tipo giacimentologico (Grant, 1986; MacLean and Kranidiotis, 1987) (Garofalo, 2004; Garofalo, 2012; Garofalo et al., 2023; Mountain and Williams-Jones, 1996) ed è stata sintetizzata nella relazione PAEM del 2023 (pp. 41-49). L'analisi è stata applicata prevalentemente alla formazione dei giacimenti minerari ed ai processi metamorfici, ma dal punto di vista concettuale può essere applicata a tutti i processi (di bassa ed alta temperatura) in cui avvengono delle interazioni fluido-minerale a causa dell'istaurarsi di un gradiente chimico. Il deposito di Mira, a questo proposito, è uno degli ambienti in cui quest'analisi si può applicare. In questo documento presentiamo soltanto i risultati di questa analisi concentrandoci sulle implicazioni che questa ha per la valutazione del rischio ambientale. La Tabella 8 sintetizza i risultati, che consistono in:

- a.** un numero significativo di componenti chimici maggiori (Al_2O_3 , K_2O , P_2O_5), in traccia (Li) e tipicamente pericolosi (Cr, V, Ni, Tl) che sono immobili o quasi in entrambe le aree analizzate del deposito. Questi componenti non sono mai stati coinvolti nel trasferimento dalle ceneri ai sedimenti sottostanti (o viceversa). Altri componenti maggiori (Na_2O , TiO_2 , MgO) ed in traccia (Rb, Sc, Y, Hg) sono immobili o quasi al centro del deposito, ma hanno comportamento diverso nel perimetro. Nel complesso, questo comportamento suggerisce un'ambiente chimico eterogeneo in cui più interazioni fluido-minerale sono probabilmente attive in diverse sezioni del sottosuolo del deposito. È da sottolineare a questo proposito il contrasto tra l'immobilità o quasi di As, Pb, Cu (elementi tipicamente pericolosi) nei sedimenti dei sondaggi T7-T10 e la loro mobilità nelle sabbie siltose poste al di sotto del deposito;
- b.** evidenza di trasferimento dalle ceneri ai sedimenti di Fe_2O_3 , Zn, Mn, Co, Cu, Pb, As nelle zone centrali del deposito. Il trasferimento più significativo è quello del Fe, che è calcolato fino a 23 wt% nella sabbia siltosa (campione PZ7-3) e 2-9 wt% negli altri campioni. Questo incremento di Fe è accoppiato con una perdita di Ca dal sedimento e la contemporanea formazione di siderite in proporzioni significative. Il trasferimento di Zn, Mn, Co, Cu, Pb e As è in linea con la presenza di questi elementi nelle fasi minerali delle ceneri (Figg. 6-8). Di questo gruppo di elementi, Zn e Co mostrano lo stesso comportamento nel perimetro del deposito.

**Tabella 8.** Sintesi dell'analisi del trasferimento di massa

Elementi	Sottosuolo piezometro PZ7	Sottosuolo perimetro deposito (sondaggi T7-T10)	Vincolo
Immobili	Al ₂ O ₃ , Li, Rb, Cr, Sc, V, Y, Ni, Tl	Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , K ₂ O, Cr, Ni, As, V, Li, Be, Zr	Questi elementi non sono mai stati scambiati tra le ceneri di pirite e l'ambiente.
Quasi immobili	Na ₂ O, K ₂ O, TiO ₂ , P ₂ O ₅ , MgO, Hg	Pb, B, Cu, Tl, P ₂ O ₅ ,	Questi elementi mostrano un comportamento quasi immobile nei sedimenti. Non c'è evidenza di trasferimento significativo.
Trasferimento dalle ceneri ai sedimenti	Fe ₂ O ₃ , Zn, Mn, Co, Cu, Pb, As	CaO, MgO, Zn, Co	<p>In PZ7, trasferimento di Fe coerente con la presenza di siderite nelle sabbie siltose al contatto con le ceneri (sequestro sotto forma di carbonato);</p> <p>In PZ7, trasferimento di Cu (2 g/t di protolite) e Zn (6.6 kg/t di protolite) è diversi ordini di grandezza inferiore a quello del Fe;</p> <p>In PZ7, trasferimento di As compreso tra 15 e 60 g/t di protolite;</p> <p>In T7-T10, limitata evidenza di mobilità per CaO, MgO, Zn, Co.</p>
Persi dal sedimento	CaO, V, Cr, B, Sc	Hg, Mn	<p>In PZ7, perdita di CaO (5-12 wt% di protolite) possibilmente legata alla perdita (dissoluzione) di calcite durante l'interazione;</p> <p>In PZ7, modesta perdita di V, Cr, B, Sc (0.5-8 g/t di protolite).</p>

2.6 Equilibri fluido-minerale

Il software di pubblico dominio PHREEQC Interactive (Parkhurst and Appelo, 1999) è stato utilizzato per effettuare dei calcoli di speciazione il più possibile rappresentativi delle interazioni fluido-minerale nel deposito. Il software è stato messo a punto dall'*United States Geological Survey* (USGS) e ad oggi è uno dei software più usati in geochimica per condurre simulazioni di interazioni fluido-roccia e studi di bonifiche d'inquinamento (la versione 3 e precedenti di PHREEQC ha migliaia di citazioni in database come Scopus o Google Scholar). In aggiunta ai calcoli di speciazione attraverso titolazione semplice (Fig. 14a), il software è in grado di calcolare indici di saturazione di minerali, calcolare equilibri di reazioni discontinue (*batch-reactions*) ed unidirezionali (Fig. 14b), calcolare l'adsorbimento di metalli su superfici minerali (complessazione di superficie) usando diversi modelli termodinamici.

Considerando l'abbondanza di fillosilicati nei sedimenti del sito, e la mobilità di un numero significativo

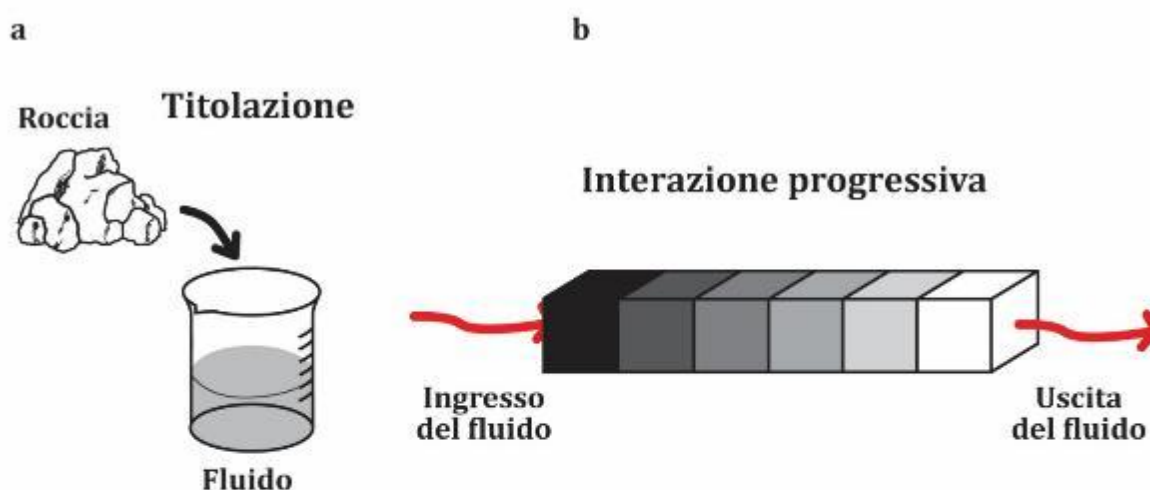


Figura 14. Schema grafico dei due modelli d'interazione fluido-roccia utilizzati. **a.** Titolazione semplice rappresentato da un sistema chiuso in cui la roccia interagisce con il fluido una sola volta. **b.** Modello bi-dimensionale in cui un volume di fluido reagisce con un volume di roccia attraverso equilibri con aliquote volumetriche adiacenti (celle). Con questo modello, sia il fluido che la roccia cambiano continuamente di composizione attraverso equilibri successivi, simulando un flusso continuo con un ingresso ed un'uscita.

di metalli dalle ceneri (Figg 6-8, Tab. 8), si sono condotti calcoli di adsorbimento di metalli. Il modello utilizzato è il "*diffuse double layer surface complexation*" di Dzombak & Morel (1990) con una doppia configurazione di superficie (i.e., con siti con forte e debole adsorbimento) e stabilendo valori di superficie specifica di un sedimento sabbioso-limoso e di un'argilla. I minerali considerati per il calcolo degli equilibri sono quelli determinati analiticamente (Tab. 4), i.e. ematite, magnetite, gesso, quarzo, plagioclasio

(anortite), K-feldspato (adularia), mica/illite, clorite, calcite, dolomite. Gli indici di saturazione di ciascun minerale sono stati fissati pari a zero all'inizio di ogni simulazione.

Un tipo di simulazione ha utilizzato una titolazione semplice tipo *batch-reaction* (Fig. 14a) in cui un'associazione mineralogica rappresentativa del sedimento reagisce con un'acqua composizionalmente uguale a quella del piezometro PZ7P (Tab. 8). Un altro tipo di simulazione, indicata in Fig. 14b come "interazione progressiva", ha considerato l'interazione tra l'acqua del piezometro ed il sedimento del deposito diviso in aliquote identiche (celle di 100 g di massa). In seguito all'ingresso dell'acqua del piezometro nella prima cella (a 25 °C e 1 bar), si è simulato il raggiungimento dell'equilibrio e si è calcolato la speciazione di fluido e solido all'equilibrio. In una fase successiva, si è fatto equilibrare la "soluzione equilibrata" precedentemente con i minerali della seconda cella fino al raggiungimento dell'equilibrio, e così via fino all'equilibrio con la sesta cella finale. La speciazione di fluido e solido all'equilibrio hanno rappresentato il risultato finale della simulazione.

L'uso di queste due tipologie di simulazioni nel deposito si è ritenuto utile perché queste hanno fornito due differenti prospettive. La *batch-reaction* non ha simulato un trasferimento di massa, ma la titolazione ha fornito un risultato che è stato comparato velocemente con il dataset raccolto. La seconda simulazione rappresenta un modello d'interazione fluido-sedimento più realistico; tuttavia, non può considerarsi pienamente soddisfacente perché l'approccio di equilibrio locale non considera esplicitamente il trasporto di specie chimiche in un campo di velocità (i.e., l'advezione del fluido non è considerata). In conclusione, nessuna delle simulazioni utilizzate è completamente aderente al processo reale, ma i risultati ottenuti possono testare la veridicità dei processi descritti sopra (Tab. 8).

I risultati della titolazione semplice sono riportati nel diagramma a torta di Fig. 11, che riporta le concentrazioni delle specie in soluzione nel file di input prima dell'interazione (Fig. 10a) e quelle calcolate

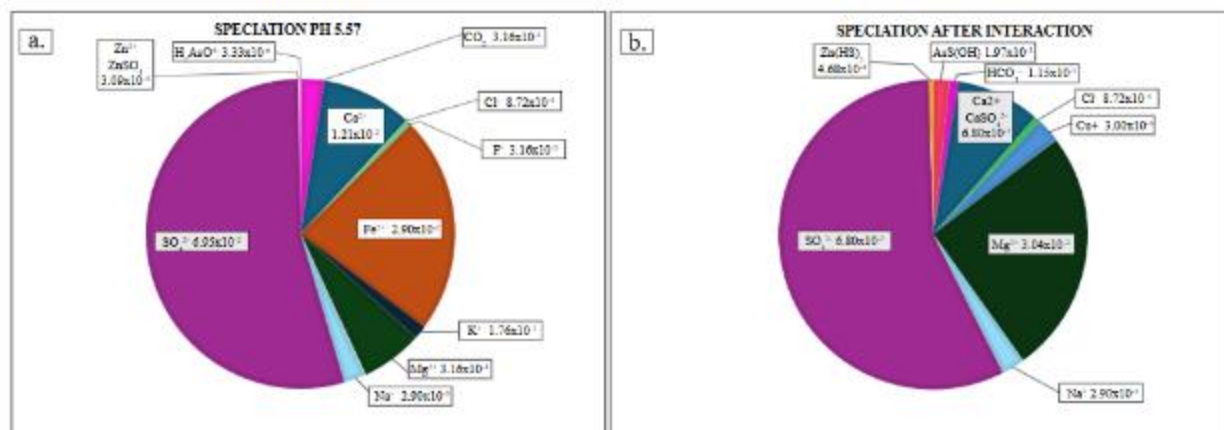


Figura10. Distribuzione delle specie acquose risultate dal modello di titolazione semplice. **a.** Speciazione del fluido prima dell'interazione, in cui pH: 5.57 e pe:3.49. **b.** Speciazione dopo l'interazione alle condizioni finali (da: Giacomella, 2025).

all'equilibrio (Fig. 11b). Questa simulazione prevede che al raggiungimento dell'equilibrio le specie dominanti in soluzione nel fluido siano SO_4^{2-} , Mg^{2+} and Ca^{2+} , che è coerente con le composizioni effettivamente documentate.

La simulazione prevede anche che la diminuzione dei complessi di Fe in soluzione (Fig. 10) sia accoppiata alla dissoluzione della brucite $[\text{Mg}(\text{OH})_2]$ ed alla precipitazione di molte fasi di Fe (e.g., pirite, calcopirite, goethite. Elenco completo delle fasi non riportato per motivi di spazio). La precipitazione di queste fasi, incluso la siderite, suggerisce che le abnormi concentrazioni misurate di questo metallo nelle acque di PZ7J (c. 1.7 g/L, Tab 7) non possano essere concentrazioni di specie in soluzione, ma piuttosto il prodotto di sovrasaturazione. Si propone quindi che queste concentrazioni di Fe riflettano la presenza in soluzione di *precipitati* di Fe di piccole dimensioni (tipo gel), e non di specie in soluzione. Questi precipitati hanno probabilmente una granulometria troppo fine per essere filtrati, e quindi rimangono in soluzione e sono analizzati.

Un altro risultato importante fornito dal semplice modello di titolazione è la mobilitazione dell'As per adsorbimento su superfici tipo HFO (*hydrous ferric oxides*), i.e. idrossidi di Fe amorfi fortemente adsorbenti. L'efficienza di questo processo è riflessa dall'abbondanza delle specie ad As in soluzione all'equilibrio (1.97×10^{-3} m, Fig. 10b), che è 3 ordini di grandezza maggiore di quella iniziale (3.33×10^{-6} m). Se questa predizione è almeno in parte corretta, gli ossidi di Fe del deposito agiscono in parte come un "sink" per l'As, che ne è adsorbito. L'adsorbimento dell'As sulle superfici HFO è sperimentalmente noto

da tempo (Inam et al., 2021; Pierce and Moore, 1982). Una predizione inaccurata del modello è però la precipitazione nel sedimento di orpimento (As_2S_3), realgar (AsS) e wurtzite ($(\text{Zn}, \text{Fe})\text{S}$), nessuno dei quali è presente nel sedimento del deposito.

I risultati del modello d'integrazione progressiva sono mostrati in Fig. 11, che riporta la distribuzione delle specie acquose prima e dopo l'interazione. Le concentrazioni rappresentate lungo l'asse z di Fig. 11a rappresentano la concentrazione dell'acqua di pioggia che interagisce con la prima cella, mentre gli altri valori del diagramma riportano la speciazione dell'acqua d'infiltrazione. I risultati del modello mostrano che la soluzione non cambia sostanzialmente la sua speciazione fino alla profondità di c. 6 m, dopo di che cambia radicalmente. Il cambiamento più importante è il drastico aumento delle concentrazioni di SO_4^{2-} e Mg^{2+} , accoppiate ad una simile diminuzione delle specie di Fe e K a causa della precipitazione di alunite ($\text{KAl}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$, $\text{SI} = 4.23$), mica bianca ($\text{KAl}_3\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$, $\text{SI} = 4.15$), e pirite ($\text{SI} = 13.16$). Il modello prevede anche un aumento modesto della concentrazione di As totali nel fluido reattivo (da c. 10^{-3} M a $1.3 \cdot 10^{-3}$ M, Fig. 11b), che è coerente con l'analisi di trasferimento di massa.

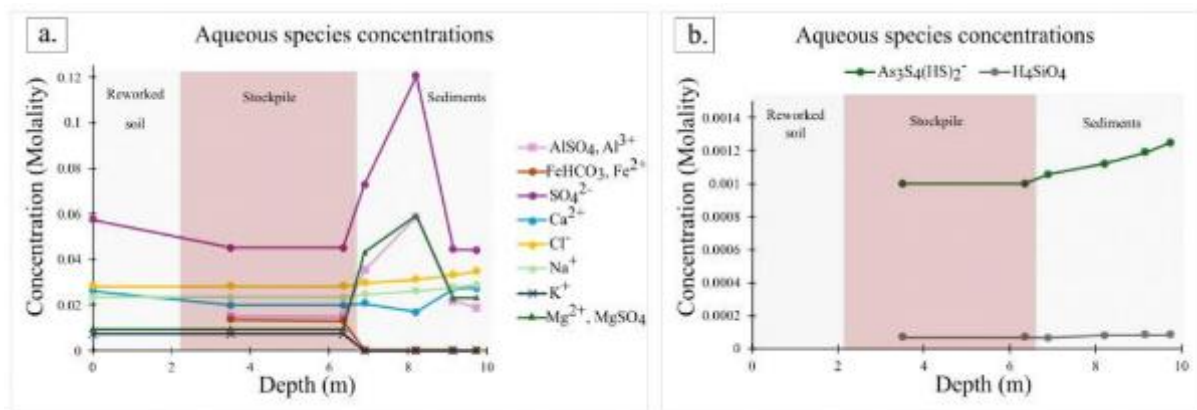


Figura 11. Distribuzione delle specie acquose risultate dal modello di interazione progressiva. Ciascun punto del diagramma rappresenta un campione di PZ7P. L'As e la silice sono plottati ad un'altra scala nel pannello b a causa della loro bassa concentrazione calcolata nel fluido.

Con questa predizione, il modello riproduce correttamente la sovrasaturazione del gesso in corrispondenza delle sabbie limose di PZ7P; tuttavia, l'associazione mineralogica calcolata è solo in parte coerente con le composizioni misurate del sedimento dal momento che alunite e pirite non sono parte dell'associazione mineralogica. Inoltre, la leggera diminuzione del trend del Ca^{2+} al contatto con le ceneri di pirite è incoerente con la precipitazione della siderite alle spese della calcite, che dovrebbe rilasciare Ca^{2+} in soluzione. In questo modello, la diminuzione di Ca^{2+} è dovuto alla precipitazione della zeolite $\text{Ca}_2\text{Al}_4\text{Si}_8\text{O}_{24} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (leonhardite, $\text{SI} = 13.01$).

- 3. Monitoraggio della falda nella zona di monte, di valle e nel sedime del deposito con lo scopo di:**
individuare una baseline quali-quantitativa di riferimento (monte), identificare i flussi idrici sotterranei e la loro direzione nell'area di deposito, valutare le interconnessioni tra falde multistrato con particolare riferimento ad eventuali hot-spot di contaminazione (sedime del deposito), identificare eventuali plume di contaminazione provenienti dal deposito attraverso il confronto con i dati di baseline (valle).

Nel deposito di ceneri di pirite è presente una rete piezometrica (Fig. 13) realizzata nel corso degli anni, i primi piezometri risalgono al 1994, poi ne sono stati realizzati altri nel 2001 e infine gli ultimi 2 sono stati realizzati nel 2017.

Si riporta una tabella con tutti i riferimenti relativi alla rete piezometrica esistente

Piezometro	Anno realizzazione	Coordinate			Profondità	Tratto cieco	Tratto fessurato
		N	E	Quota			
B2Bx	2001	5034547.979	1748021.027	2.527	12,00 m	da 0 m a 9,0 m	da 9,0 m a 12,0 m
B2bis	2001	5034546.091	1748025.988	2.562	3,70 m	da 0 m a 0,50 m	da 0,5 m a 3,2 m
S4	1994	5034623.750	1748159.125	3.004	7,00 m	da 0 m a 5,50 m	da 5,5 m a 7,0 m
S4P	1994	5034621.163	1748160.823	2.962	10,00 m	da 0 m a 8,00 m	da 8,0 m a 10,0 m
S3P	1994	5034752.101	1748309.443	2.032	10,00 m	da 0 m a 7,00 m	da 7,0 m a 10,0 m
S2	1994	5034712.715	1748373.761	1.496	5,00 m	da 0 m a 3,50 m	da 3,5 m a 5,0 m
X3	2001	5034710.947	1748376.818	1.184	10,00 m	da 0 m a 7,00 m	da 7,0 m a 10,0 m
S1	1994	5034781.182	1748416.117	1.460	5,50 m	da 0 m a 1,50 m	da 1,5 m a 5,5 m
S1P	1994	5034784.028	1748416.256	1.502	8,50 m	da 0 m a 6,80 m	da 6,8 m a 8,5 m
S6S	2017	5034666,505	1748464,248	2,032	4,00 m	da 0 m a 3,0 m	da 3,0 m a 4,0 m
S6P	2017	5034667,512	1748464,640	1,923	9,00 m	da 0 m a 5,0 m	da 5,0 m a 9,0 m
A1	2001	5034423.126	1748550.987	1.025	4,50 m	da 0 m a 2,00 m	da 2,0 m a 5,0 m
A2S	2001	5034423.144	1748551.015	1.093	5,00 m	da 0 m a 2,00 m	da 2,0 m a 5,0 m
A2P	2001	5034533.732	1748644.817	0.783	8,00 m	da 0 m a 5,00 m	da 5,0 m a 8,0 m
A3	2001	5034786.424	1748511.155	1.874	5,00 m	da 0 m a 2,00 m	da 2,0 m a 5,0 m

Tabella: 9: Tabella riportante i dati relativi ai vari piezometri presenti nel sito, noti all'azienda

Durante le campagne del 1994 e del 2001 i fori realizzati per l'inserimento dei piezometri sono stati effettuati a distruzione di nucleo, pertanto non si hanno disposizione le relative colonne stratigrafiche; lo stesso è stato effettuato per il Piezometro S6.

Nel corso degli anni alcuni piezometri sono stati dismessi perché non più perfettamente funzionanti; ad ogni dismissione è stata data notizia agli enti competenti.

Ad oggi la rete piezometrica è costituita da 15 piezometri, in parte interni al deposito, posizionati in prossimità del confine del sito e in parte esterni ad esso, posizionati a monte e a valle rispetto alla direzione di flusso delle acque sotterranee.

Si riporta la colonna stratigrafica del piezometro SP6, effettuato nel 2017, interno al deposito, situato sul lato est.

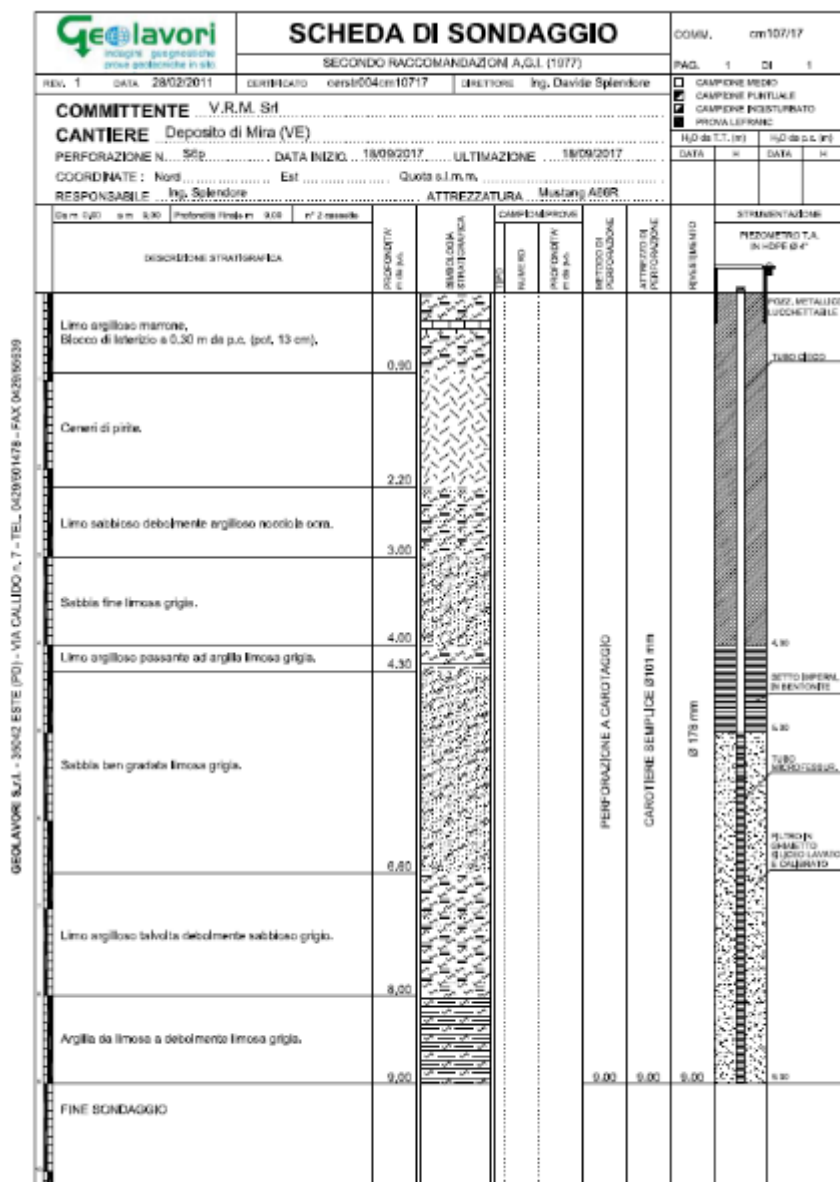


Figura 12: Stratigrafia del piezometro 6P situato sul lato est del deposito e realizzato nel 2017

Nel corso degli anni alcuni piezometri, originariamente utilizzati per il monitoraggio delle acque sotterranee sono stati dismessi per varie motivazioni; in particolare:

Piezometro B1: posizionato sul lato nord-ovest del supermercato Lando, dismesso nel 2015 perché posizionato in area di proprietà senza possibilità di accesso.

Piezometro S5P: posizionato lungo il confine nord-ovest del deposito. Dismesso nel 2019 perché intasato a tal punto da non riuscire a spurgarlo né con la pompa peristaltica né con quella a batteria. Durante il campionamento si è provato ad utilizzare il bayler ma non è stato possibile entrare nel piezometro (di diametro 2”), in quanto parzialmente danneggiato.

Piezometro A2Pbis, ubicato in proprietà della fam. Pivotto, a valle del deposito. Questo piezometro era posizionato in mezzo ad una strada di collegamento tra i vari appezzamenti agricoli. La sua ubicazione non ne garantiva né l’integrità né la protezione da eventuali urti o impatti con i mezzi agricoli che lo attraversavano. Dismesso nel 2018.

Piezometro S3: posizionato lungo il confine nord del deposito, a ridosso della S.S. Romea. Dismesso nel 2020 in quanto è risultata danneggiata la tubazione piezometrica, pertanto, né la pompa né il bayler riuscivano ad entrare.

Piezometro S5: posizionato lungo il confine nord- ovest del deposito. Dismesso nel 2020 in quanto è risultata danneggiata la tubazione piezometrica, pertanto, né la pompa né il bayler riuscivano ad entrare. Dall’indagine idrogeologica e dai successivi studi effettuati risulta che la rete piezometrica si può suddividere tra piezometri posti a monte rispetto all’andamento prevalente della falda e piezometri posti a valle. La Figura sotto riporta l’ubicazione dei piezometri rispetto all’andamento ricostruito della falda.



Figura 13: Ubicazione dei piezometri con il loro codice identificativo su Carta Tecnica Regionale e l’indicazione di massima dell’andamento della falda.

Il piano di monitoraggio implementato dalla ditta ormai da anni prevede campionamenti semestrali delle acque di falda per la determinazione dei seguenti parametri: pH e conducibilità in campo, solfati, cloruri e metalli; i campionamenti sono iniziati in maniera costante e continua nel maggio 2018. Per il campionamento e le successive analisi sono stati adottati i criteri generali riportati nella D.G.R. Veneto 2922 del 03/10/2003.

Si riportano i risultati analitici per ciascun piezometro dal 2018 al 2025. Considerando quanto riportato nel Report CRE-DAN n. 3/2021 predisposto da ISPRA e trasmesso con nota del MATTM in data 12.04.2021: *“Per l’arsenico è stata dimostrata scientificamente la presenza, nel corpo idrico in esame, di concentrazioni di fondo naturale pari a 133 microg/l, superiori ai VS di legge”*; si inserisce per l’arsenico tale limite.

Si riporta anche l’andamento di tutti gli elementi chimici analizzati ad esclusione di Cadmio, Mercurio e Piombo in quanto questi elementi sono sempre stati al di sotto del limite di legge e in alcuni casi (vedi Mercurio) anche al di sotto del limite di rilevabilità strumentale.

Si riportano quindi per ciascun piezometro gli andamenti dei seguenti elementi: Solfati, Alluminio, Arsenico, Cobalto, Ferro, Manganese, Rame e Zinco

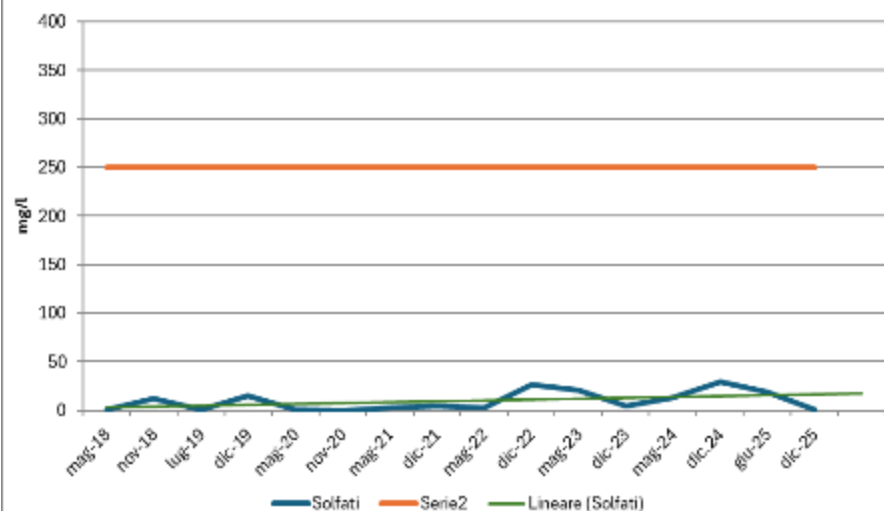
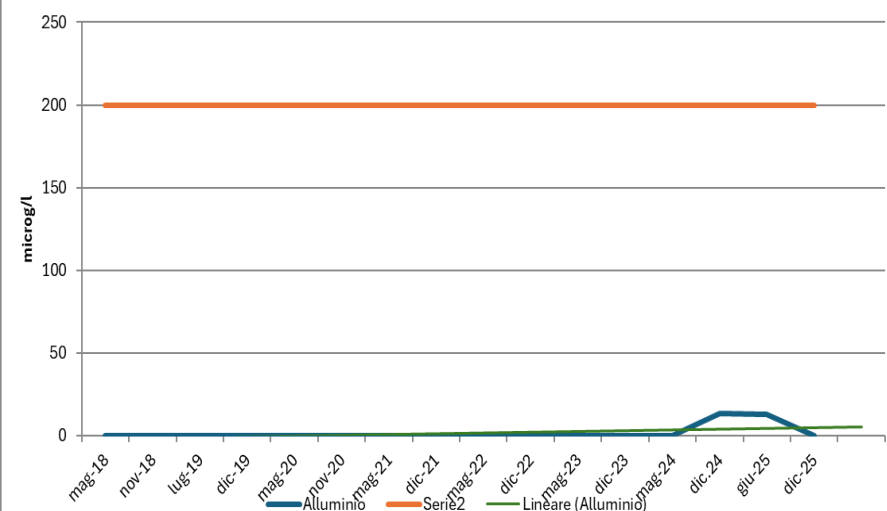
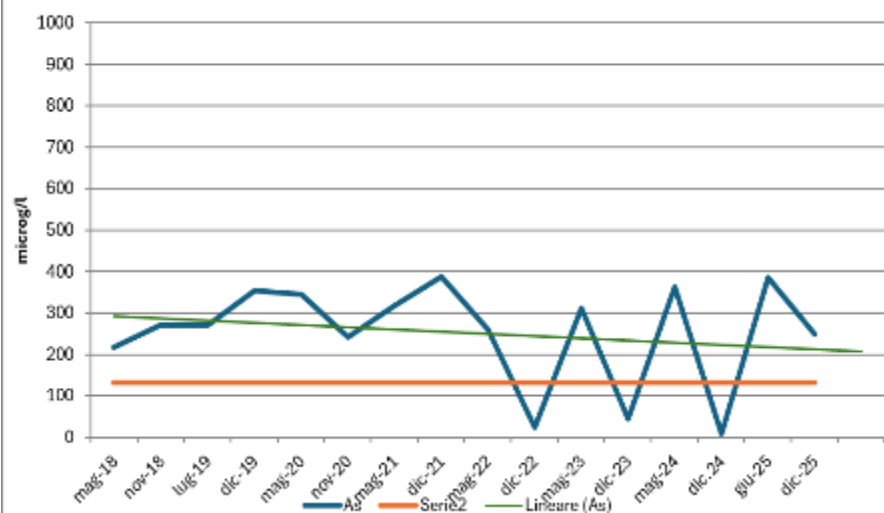
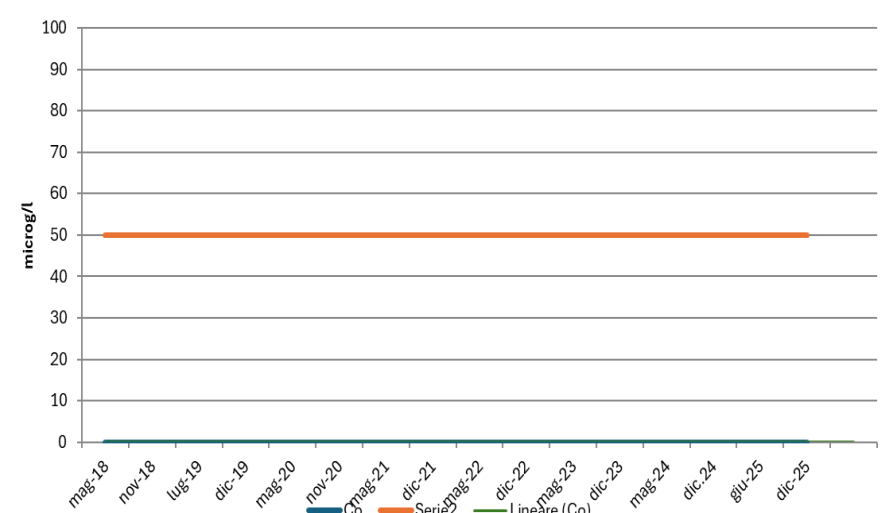
Piezometri a monte rispetto all'andamento della falda

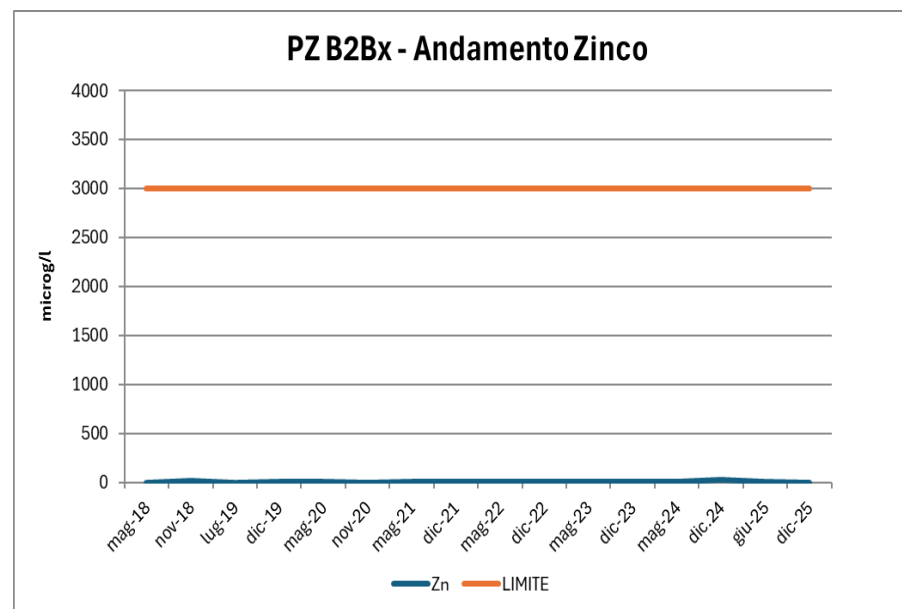
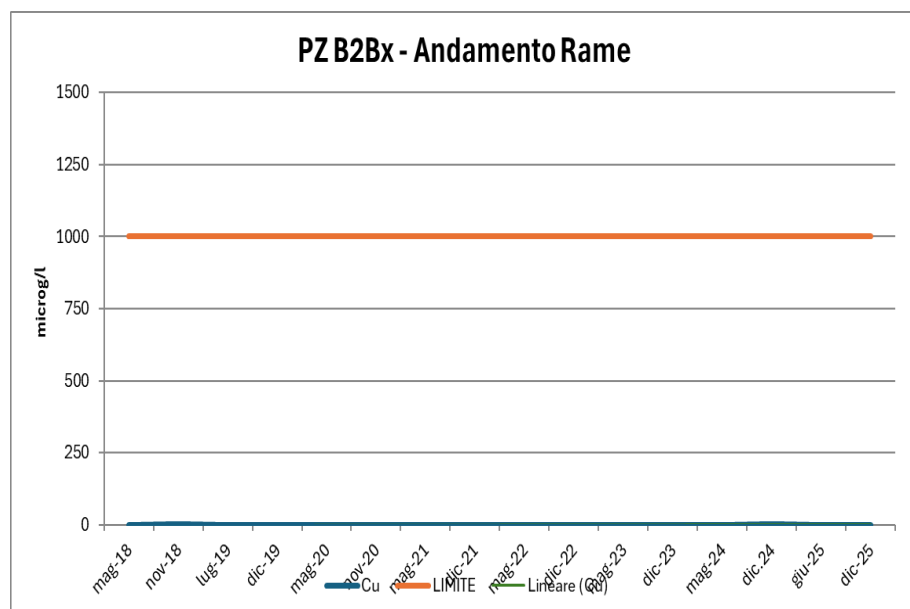
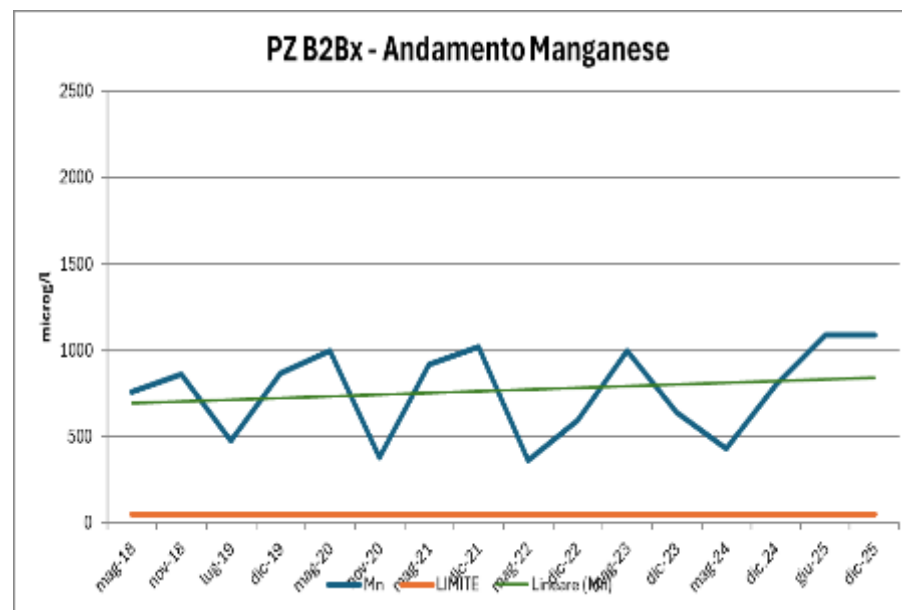
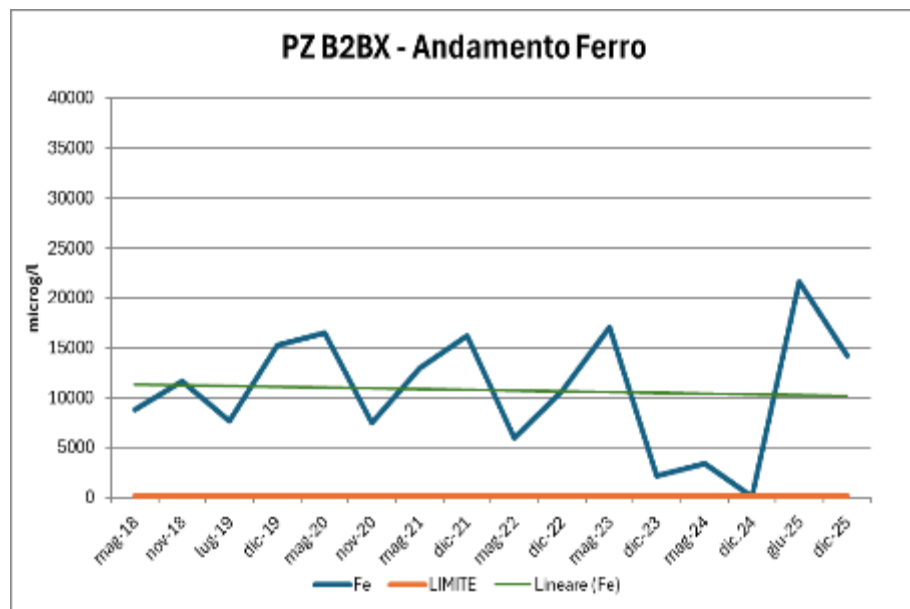
Piezometro B2Bx

Parametri	U.M.	LIMITI	mag-18	nov-18	lug-19	dic-19	mag-20	nov-20	mag-21	dic-21	mag-22	dic-22	mag-23	dic-23	mag-24	dic-24	giu-25	dic-25
Conducibilità elettrica a 20°C			641	813					850	790	730	850	881	770	760	770	160	-93
Potenziale redox			123	220						37					-123	-19,8	6,91	860
pH			7,16	7,07					6,35	7,08	6,9	7,15	6,92	6,8	7,01	7,15	810	6,91
Cloruri	mg/l		14,6	24,4	30,5	35,3	29,9	24,8	32	37	28	49	37	30	27	25	23	30
Solfati	mg/l	250	1,12	11,9	0,83	14,8	0,88	< RL	3,1	4,6	2,8	27	21	4,8	13	29	19	1,2
Alluminio	microg/l	200	< RL	< RL	< RL	< RL	< RL	< RL	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	13,8	13,2	<10
As	microg/l	133	218	272	270	355	345	242	318	387	259	23,9	311	44,5	364	9,6	385	249
Cd	microg/l	5	< RL	< RL	< RL	< RL	< RL	< RL	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Co	microg/l	50	< RL	< RL	< RL	< RL	< RL	< RL	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Fe	microg/l	200	8.800	11.700	7700	15.300	16.500	7.500	13.000	16200	6000	10700	17100	2180	3370	73	21600	14200
Mn	microg/l	50	760	860	479	870	1.000	382	920	1020	362	597	1000	641	430	800	1090	1090
Hg	microg/l	1	< RL	< RL	< RL	< RL	< RL	< RL	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Ni	microg/l	20	< RL	< RL	< RL	< RL	< RL	< RL	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Pb	microg/l	10	< RL	< RL	< RL	< RL	< RL	< RL	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Cu	microg/l	1000	< RL	1,39	< RL	< RL	< RL	< RL	<1	<1	<1	<1	<1	<0,001	<1	1,91	<1	<1
Zn	microg/l	3000	< RL	12,4	< RL	5,7	5,3	< RL	10,3	7	3,98	4,51	3,41	2,7	11,4	26,6	3,32	<20

Piezometro B2bis

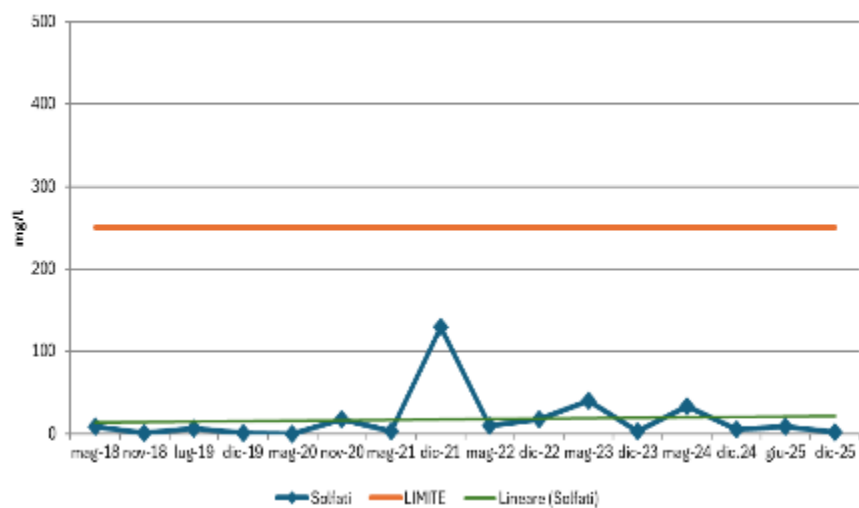
Parametri	U.M.	LIMITI	mag-18	nov-18	lug-19	dic-19	mag-20	nov-20	mag-21	dic-21	mag-22	dic-22	mag-23	dic-23	mag-24	dic-24	giu-25	dic-25
Conducibilità elettrica a 20°C			783	882					750	850	970	670	890	1090	870	800	710	870
Potenziale redox			90	217											-130	-24,8	-129	-106
pH			7,14	7,01					6,64	6,96	6,81	6,87	6,93	6,5	6,94	7,23	7,22	7,07
Cloruri	mg/l		22,7	25,1	14,4	23,9	24	32,4	20	51	21	15	35	21	25	30	28	28
Solfati	mg/l	250	8,6	0,59	6	0,5	< RL	17,8	3,4	130	10,1	18	40	3	33	5,7	8,6	2,1
Alluminio	microg/l	200	< RL	< RL	< RL	< RL	< RL	< RL	<10	<10	<10	<10	27,1	<10	<10	<10	18,4	<10
As	microg/l	133	243	136	244	374	230	413	260	6,3	97	93	294	143	372	344	268	145
Cd	microg/l	5	< RL	< RL	< RL	< RL	< RL	< RL	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Co	microg/l	50	1,61	< RL	< RL	< RL	< RL	< RL	<0,5	<0,5	2,52	0,523	<0,5	0,613	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Fe	microg/l	200	4.840	4.580	12300	7.800	8.300	16.900	4.500	1.690	22.700	2.920	6000	14300	18500	3230	3690	1690
Mn	microg/l	50	349	307	700	472	481	940	340	940	1.080	535	623	1250	1180	586	517	348
Hg	microg/l	1	< RL	< RL	< RL	< RL	< RL	< RL	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Ni	microg/l	20	< RL	< RL	< RL	< RL	< RL	< RL	<1	1,26	1,63	1,64	<1	1,27	<1	<1	<1	<1
Pb	microg/l	10	< RL	< RL	< RL	< RL	< RL	< RL	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Cu	microg/l	1000	< RL	1,39	< RL	< RL	< RL	< RL	<1	<1	<1	2,04	2,41	<0,001	<1	<1	<1	<1
Zn	microg/l	3000	11,3	12,4	< RL	< RL	< RL	< RL	2,32	12	8,4	15,3	7,3	4,27	14,8	2,13	4	<20

**PZ B2Bx - Andamento Solfati****PZ B2Bx - Andamento Alluminio****PZ B2Bx - andamento Arsenico****PZ B2Bx - andamento Cobalto**

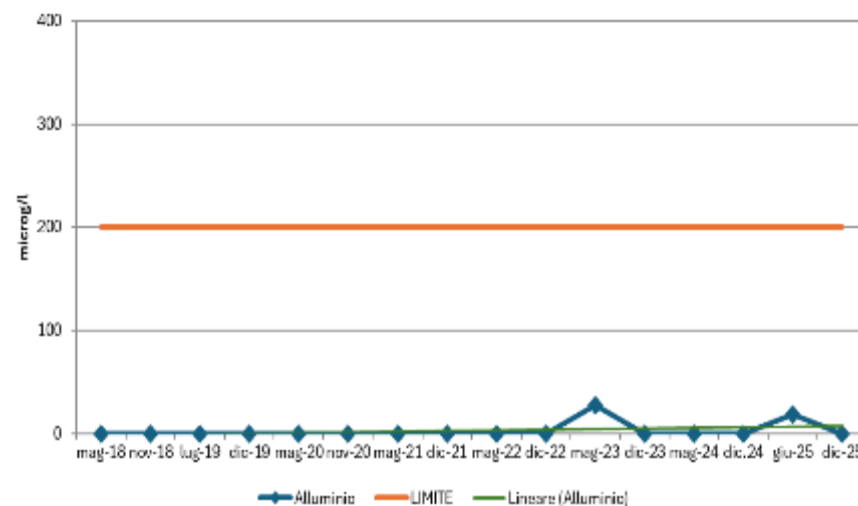




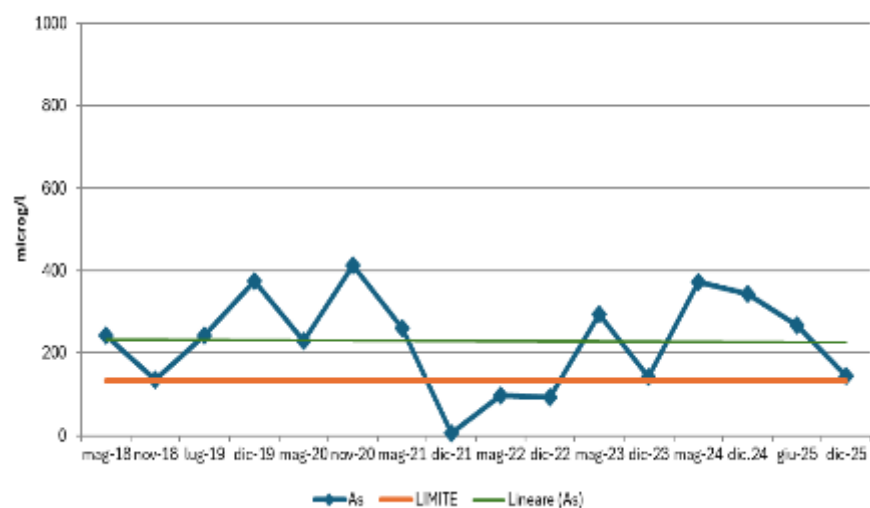
Pz B2bis - Andamento Solfati



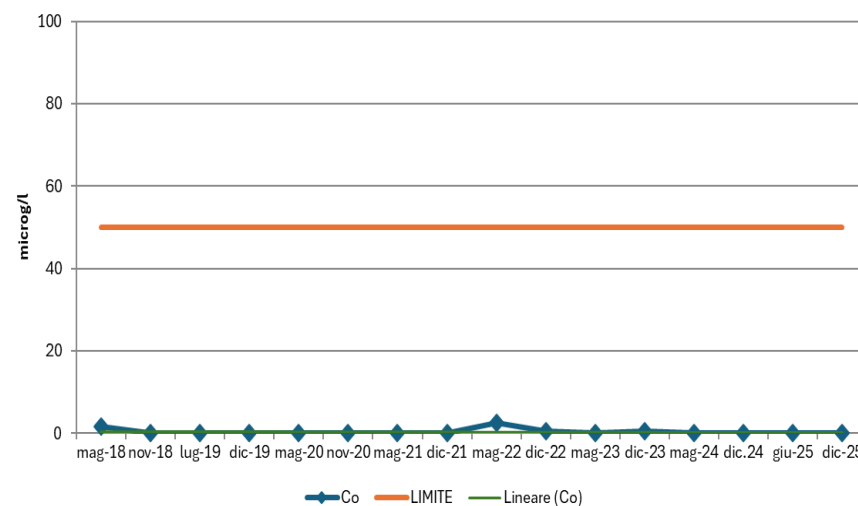
Pz B2bis - Andamento Alluminio



Pz B2bis - Andamento Arsenico

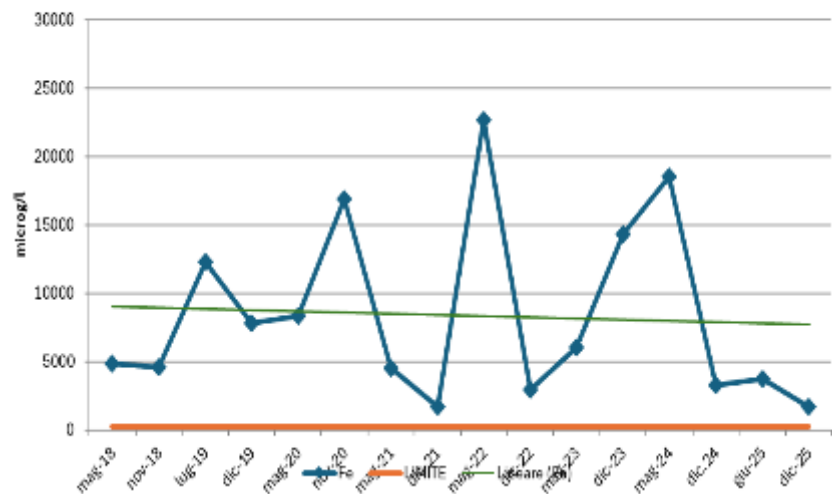


Pz B2bis - Andamento Cobalto

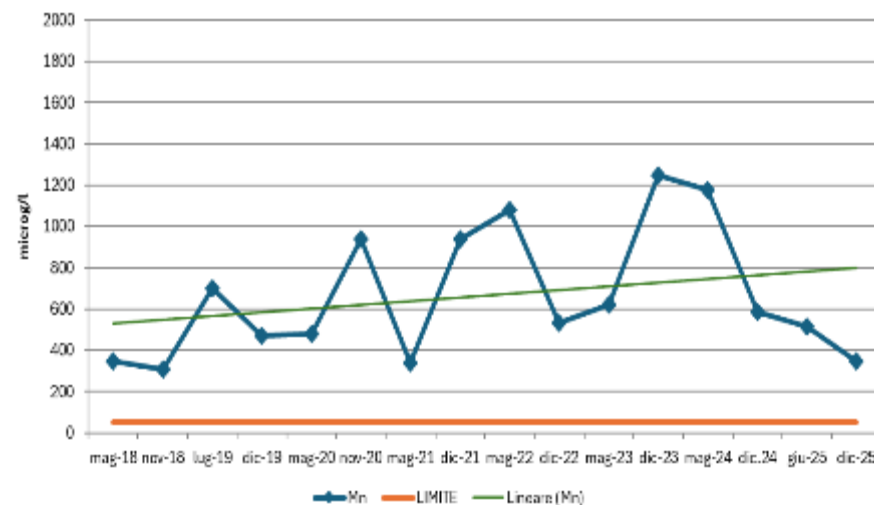




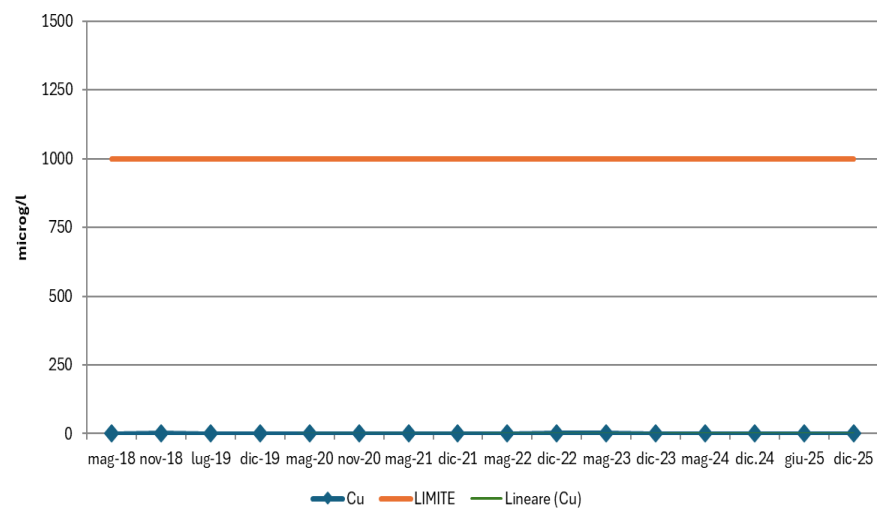
Pz B2bis - Andamento Ferro



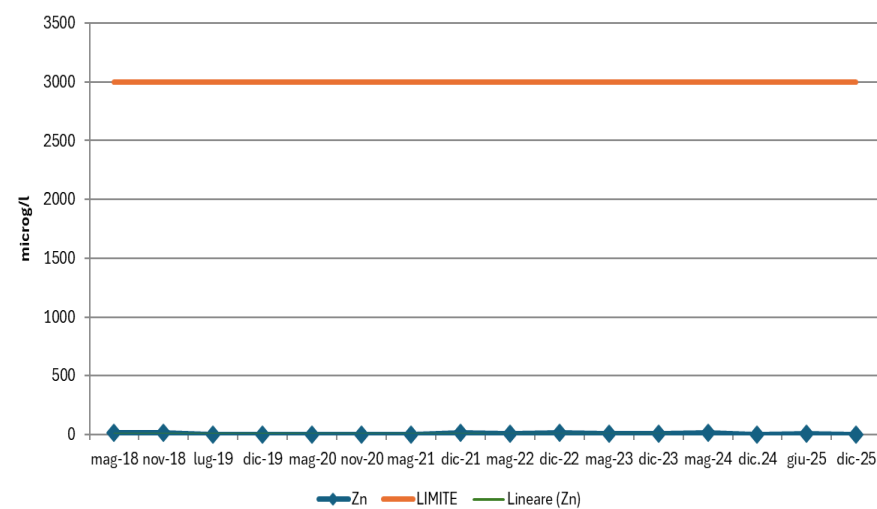
Pz B2bis - Andamento Manganese



Pz B2bis - Andamento Rame



Pz B2bis - Andamento Zinco



Piezometri interni al deposito

Piezometro S4S

Parametri	U.M.	LIMITI	mag-18	nov-18	lug-19	dic-19	mag-20	nov-20	mag-21	dic-21	mag-22	dic-22	mag-23	dic-23	mag-24	nov-24	mag-25	dic-25
Conducibilità elettrica a 20°C			15860	14430					15200	16100	15800	13300	>12880	>12880	12600	12400	10600	>12880
Potenziale redox			256	230											-22,9	120	199	255
pH			3,46	3,49					5,43	<4	5,36	5,17	4,66	5,7	5,85	4,68	3,42	3,69
Cloruri	mg/l		46,20	44,20	52	67,00	77	76	80	88	130	53	115	80	110	103	112	112
Solfati	mg/l	250	17.100	15.000	18200	18.300	20.800	18.600	21.000	2.300	24.000	3.800	17.000	20.000	15000	16000	16000	16000
Alluminio	microg/l	200	71	33	50	110	< RL	31	105	234	128	16,8	270	79	148	462	177	141
As	microg/l	133	208	216	145	340	223	326	92	292	667	70	15	350	356	485	479	476
Cd	microg/l	5	< RL	< RL	<RL	< RL	< RL	< RL	<0,5	2,32	<0,5	1,39	0,97	<0,5	<0,5	1,4	0,91	<0,5
Co	microg/l	50	60	42	62,2	68	56,6	67,3	49,8	119	98	26,7	171	47,4	51,9	52,2	50	56,6
Fe	microg/l	200	6.600.000	5.250.000	7500000	8.100.000	7.900.000	6.900.000	6.500.000	10.000.000	8.300.000	860.000	8.900.000	>1000000	6320000	6200000	5990000	7600000
Mn	microg/l	50	19.300	13.800	23300	21.300	20.000	17.100	4.450	29.700	27.000	4.300	25.000	26.000	18300	17500	18800	20100
Hg	microg/l	1	< RL	< RL	<RL	1,1	< RL	< RL	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Ni	microg/l	20	28,7	23,5	31,9	35,3	31,8	34,4	24,7	66,5	39,2	14,5	51	9,6	19,1	60,4	7,1	29
Pb	microg/l	10	< RL	< RL	<RL	< RL	< RL	< RL	<1	2,4	<1	<1	<1	<1	<1	1,24	<1	<1
Cu	microg/l	1000	6,2	< RL	<RL	< RL	2,39	2	<1	11,4	<1	7,4	1,44	<0,001	1,03	25,4	444	134
Zn	microg/l	3000	2850	1570	3330	3310	2.800	3.080	5700	8000	8100	1710	10.100	367	1350	2670	820	2580

Piezometro S4P

Parametri	U.M.	LIMITI	mag-18	nov-18	lug-19	dic-19	mag-20	nov-20	mag-21	dic-21	mag-22	dic-22	mag-23	dic-23	mag-24	nov-24	mag-25	dic-25
Conducibilità elettrica a 20°C			5010	4920					7000	8000	6500	5100	2282	2500	730	760	5400	750
Potenziale redox			182	230											33,8	-34,1	66,8	116
pH			6,7	6,6					6,07	6,59	6,88	6,68	6,4	8,62	7,27	7,4	6,79	7,33
Cloruri	mg/l		47,40	62,00	54	44	75,00	59,60	55,00	53,00	57	61	16	27	5,9	9,7	30	3,9
Solfati	mg/l	250	2.390	2.840	2880	3100	4.650	4.290	5.800	7.200	7.400	13.000	1.400	1.300	280	270	5100	240
Alluminio	microg/l	200	< RL	< RL	<RL	21	21	< RL	<10	<10	25,6	<10	<10	<10	<10	12,3	11,5	15,4
As	microg/l	133	46,7	48,7	34,2	42,1	6	22,8	19,3	56,8	27,3	130	<1	4,26	<1	<1	66	1,35
Cd	microg/l	5	< RL	< RL	<RL	< RL	< RL	< RL	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,688
Co	microg/l	50	1,32	1,38	0,82	3,08	1,12	3,57	11,4	2,9	2,11	4,06	25,2	14,5	0,568	0,633	4,39	10,3
Fe	microg/l	200	15.200	17.600	100.000,00	361.000	71.000	83.000	1.400.000	82.000	13.900	63.000	50,2	40	27,7	12,5	5680	46,3
Mn	microg/l	50	159	169	328	1210	409	960	4.450	459	204	281	45,9	52,3	2,74	2,96	82	28,8
Hg	microg/l	1	< RL	< RL	<RL	< RL	< RL	< RL	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Ni	microg/l	20	6,1	7,5	6,3	6,6	4,02	5,65	6,57	3,14	3,87	3,06	2,1	<1	<1	<1	1,89	<1
Pb	microg/l	10	< RL	< RL	<RL	< RL	< RL	< RL	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Cu	microg/l	1000	< RL	< RL	<RL	1,79	< RL	< RL	<1	1,11	1,81	2,02	4,9	<0,001	10,6	11,2	20,9	41,8
Zn	microg/l	3000	9	10,5	13,3	25,7	24,4	71,1	890	29,4	43,8	93	504	6,5	30,7	9,6	55	145

Piezometro S3P

Parametri	U.M.	LIMITI	mag-18	nov-18	lug-19	dic-19	mag-20	ott-20	mag-21	dic-21	mag-22	dic-22	mag-23	dic-23	mag-24	nov-24	giu-25	dic-25
Conducibilità elettrica a 20°C			1346	1372					1240	670	1220	1270	1252	1390	1210	1190	1150	1430
Potenziale redox			179	219											15,3	-4,1	-75,5	-59,9
pH			6,75	6,72					6,27	6,96	6,63	6,88	6,49	6,5	6,73	6,87	6,58	6,43
Cloruri	mg/l		29,4	30,8	25,4	32,2	31,8	31,4	34	34	34	35	36	35	35	37	36	39
Solfati	mg/l	250	43,9	0,8	8,4	28,4	3,65	4,23	9,4	15	29	79	105	59	30	16	63	33
Alluminio	microg/l	200	62	< RL	<RL	29	870	24	17,4	<10	<10	16,5	<10	<10	11,9	18,5	20	23,5
As	microg/l	133	3,98	4,20	2,21	3,06	3,06	3,91	4,13	2,89	3,49	7,6	4,98	1,13	6,17	3,98	10	11,5
Cd	microg/l	5	3,4	< RL	3,29	2,83	2,39	1,01	0,523	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	6,22	<0,05	0,85	0,688
Co	microg/l	50	20,00	3,56	12	16,3	3,17	5,87	6,27	2,43	3,45	2,46	4,73	2,24	13,1	1,82	6,18	4,79
Fe	microg/l	200	2.410	4.250	2580	4880	3.610	3.910	1.900	8.200	7.300	36.500	141.000	16.000	85000	12200	25500	48300
Mn	microg/l	50	204	141	149	166	131	126	274	117	118	265	545	232	391	127	202	244
Hg	microg/l	1	< RL	< RL	<RL	< RL	< RL	< RL	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Ni	microg/l	20	3,99	< RL	2,15	3,12	< RL	1,86	1,86	<1	<1	1,52	2,06	1,38	3,16	1,38	2,17	2,67
Pb	microg/l	10	< RL	< RL	<RL	< RL	< RL	< RL	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Cu	microg/l	1000	457	135	560	176	630	161	54	30,7	16,9	98	12,4	0,0014	149	35,1	17,5	43,7
Zn	microg/l	3000	567	117	646	536	467	255	370	95	120	136	202	72	24,8	146	570	260

Piezometro S2

Parametri	U.M.	LIMITI	mag-18	nov-18	lug-19	dic-19	mag-20	nov-20	mag-21	dic-21	mag-22	dic-22	mag-23	dic-23	mag-24	nov-24	giu-25	dic-25
Conducibilità elettrica a 20°C			8090	6310					4200	3000	3700	5600	2563	6300	5900	5100	5100	2400
Potenziale redox			317	237											-57,6	-0,3	-71,7	-65,3
pH			6,46	6,52					6,33	6,81	7,02	6,53	7,01	6,03	6,49	6,8	6,39	6,86
Cloruri	mg/l		47,7	38,7	36,2	23	38,5	28,5	24	15	42	36	26	36	37	31	31	23
Solfati	mg/l	250	5.600	3.850	5400	3210	5.400	2.870	2.800	1.500	2.300	3.900	1.500	4.200	4400	3800	4300	1600
Alluminio	microg/l	200	22	< RL	<RL	< RL	< RL	< RL	26,9	<10	32	<10	<10	<10	16,3	13,1	13,7	<10
As	microg/l	133	3,18	7,40	3,86	3,75	2,4	2,4	2,57	3,17	1,69	5,38	1,89	2,66	7,1	<1	5,09	2,65
Cd	microg/l	5	< RL	< RL	<RL	< RL	< RL	< RL	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Co	microg/l	50	27,1	14,0	18,9	6,59	9	7	21,8	28,7	3,4	65	2,45	70	45,6	17,7	75	11
Fe	microg/l	200	42.500	24.200	40500	14600	36.200	14.800	8.100	11.300	198	22.200	165	32.400	53400	49,2	39400	2520
Mn	microg/l	50	1.740	1.290	1790	960	1.540	790	218	330	47,3	1.350	27	1.520	2080	1140	1370	69,6
Hg	microg/l	1	< RL	< RL	<RL	< RL	< RL	< RL	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<1,05	<0,05	<0,05	<0,05
Ni	microg/l	20	1,29	1,23	1,23	< RL	< RL	1,08	9,9	2,37	2,17	2,75	1,58	4,72	1,62	1,78	2,45	1,71
Pb	microg/l	10	< RL	< RL	<RL	< RL	< RL	< RL	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Cu	microg/l	1000	< RL	< RL	<RL	< RL	< RL	2,9	5,33	7,7	9,5	<1	12,4	<0,001	<1	4,63	<1	5,9
Zn	microg/l	3000	91	75	21,3	43,4	57	62	241	97	282	235	171	144	36,3	134	4,44	145

Piezometro X3

Parametri	U.M.	LIMITI	mag-18	nov-18	lug-19	dic-19	mag-20	nov-20	mag-21	dic-21	mag-22	dic-22	mag-23	dic-23	mag-24	nov-24	giu-25	dic-25
Conducibilità elettrica a 20°C			1590	1461					4900	1370	1270	2100	1368	1530	3100	3300	3700	2900
Potenziale redox			310	199											-63,5	-6,1	-77	-95
pH			6,86	6,7					6,52	7,35	6,75	6,7	6,78	6,62	6,65	6,9	6,4	6,79
Cloruri	mg/l		16,6	18,5	18,8	19,1	18,7	18,8	21	21	21	26	23	25	27	25	29	30
Solfati	mg/l	250	70,0	6,8	306	151	6,8	37,7	410	58	22	680	75	80	1600	2000	2700	940
Alluminio	microg/l	200	24	< RL	<RL	24	< RL	20	<10	<10	<10	<10	<1	<10	12,3	17,8	15,4	<10
As	microg/l	133	1,39	6,10	1,17	1,67	7	7	1	1,2	<1	1,02	1,68	1,46	1,11	1,15	1,08	<1
Cd	microg/l	5	< RL	< RL	<RL	< RL	< RL	< RL	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Co	microg/l	50	4,94	1,86	6,97	< RL	< RL	0,5	2	0,7	<0,5	1,87	2,1	2,51	45,7	63,7	88	<0,5
Fe	microg/l	200	2.560	720	5520	598	720	1.420	2000	117	210	1.020	128	820	35300	36,2	64800	211
Mn	microg/l	50	378	472	475	358	413	386	412	385	407	438	163	416	780	524	1250	476
Hg	microg/l	1	< RL	< RL	<RL	< RL	< RL	< RL	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Ni	microg/l	20	< RL	< RL	<RL	< RL	< RL	< RL	1	<1	<1	<1	1,63	<1	<1	2,6	<1	<1
Pb	microg/l	10	< RL	< RL	<RL	< RL	< RL	< RL	<1	1,6	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Cu	microg/l	1000	< RL	< RL	<RL	< RL	< RL	< RL	<1	1,3	<1	<1	5,13	<0,001	<1	2,2	<1	<1
Zn	microg/l	3000	7,1	6,6	<RL	< RL	7,5	5,2	15	13	6,1	3,78	81	5,9	6,2	114	8,6	<20

Piezometro S1

Parametri	U.M.	LIMITI	mag-18	nov-18	lug-19	dic-19	mag-20	nov-20	mag-21	dic-21	mag-22	dic-22	mag-23	dic-23	mag-24	nov-24	giu-25	dic-25
Conducibilità elettrica a 20°C			2470	2270					1180	2700	2000	3400	2435	3700	1390	2100	1480	2000
Potenziale redox			317	232											-31,9	-19,6	-37,9	28,5
pH			6,88	6,84					6,54	6,78	6,71	7,01	6,83	6,43	6,86	7,14	6,78	6,76
Cloruri	mg/l		57	37,8	33,9	41,4	28,3	30,6	9,3	48	45	130	65	96	27	61	31	55
Solfati	mg/l	250	750	720	900	1050	950	1.140	1,8	980	780	1.200	880	1.300	660	510	3200	500
Alluminio	microg/l	200	< RL	< RL	<RL	88	< RL	20	<10	<10	53,1	<10	39,9	<10	<10	<10	14,9	84
As	microg/l	133	4,2	5,0	4,7	4,8	4,4	4,3	77	4,3	8,6	6,2	3,55	5	6,9	7,4	9,2	9,6
Cd	microg/l	5	< RL	< RL	<RL	< RL	< RL	< RL	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Co	microg/l	50	1,58	1,38	1,22	0,89	1,5	1,5	<0,5	1,2	2,68	0,83	3,02	2,32	0,82	0,558	7,6	0,628
Fe	microg/l	200	243	107	213	87	207	270	5.300	360	940	109	2.900	2.060	244	521	1580	2050
Mn	microg/l	50	980	1050	940	530	850	790	82	1.220	1.870	500	326	1.140	310	83	3010	432
Hg	microg/l	1	< RL	< RL	<RL	< RL	< RL	< RL	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Ni	microg/l	20	4,7	4,07	4,67	3,89	3,14	4,64	1,51	4,1	3,78	4,06	4,18	6,02	2,34	3,89	3,49	2,91
Pb	microg/l	10	< RL	< RL	<RL	< RL	< RL	< RL	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Cu	microg/l	1000	6,5	9,9	6,7	10,9	6	9	<1	6,4	4,33	10,9	31,7	0,0093	10,7	7	2,54	8,4
Zn	microg/l	3000	10,2	12,7	16,7	8,3	30,8	10,4	28	38,2	76	32	108	43,3	10,6	4,63	9	22,2

Piezometro S1P

Parametri	U.M.	LIMITI	mag-18	nov-18	lug-19	dic-19	mag-20	nov-20	mag-21	dic-21	mag-22	dic-22	mag-23	dic-23	mag-24	nov-24	giu-25	dic-25
Conducibilità elettrica a 20°C			1292	1309					1870	1250	1230	1150	1136	1040	1070	680	1030	1310
Potenziale redox			306	220											-65,5	-30,2	-66,8	-69,8
pH			6,83	6,76					6,47	7,14	7,12	6,8	7,03	6,48	6,72	7,33	6,61	6,7
Cloruri	mg/l		9,5	9,2	9,7	9	8,6	8,4	23	10,7	11,6	11,3	10,7	9,4	12	10,7	10,8	10,7
Solfati	mg/l	250	2,16	1,16	0,68	< RL	0,46	2,79	710	18	72	11	15	24	8,1	12	<1	2
Alluminio	microg/l	200	< RL	< RL	<RL	29	< RL	780	26,8	100	<10	<10	<10	<10	<10	29,5	16,4	<10
As	microg/l	133	72	51	81	36	67	113	4,51	14	57,3	26,8	35	35,9	75	29	82	81
Cd	microg/l	5	< RL	< RL	<RL	< RL	< RL	< RL	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Co	microg/l	50	< RL	< RL	<RL	< RL	< RL	0,95	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,92	<0,5
Fe	microg/l	200	4.960	4.490	4630	2.250	5.280	7.100	77	670	8300	1500	790	2530	10300	1730	6060	6690
Mn	microg/l	50	90	96	85	82	92	127	280	116	224	106	135	95	86	44,5	90	96
Hg	microg/l	1	< RL	< RL	<RL	< RL	< RL	< RL	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Ni	microg/l	20	<RL	< RL	<RL	< RL	< RL	2,77	66	<1	<1	1	<1	1,22	<1	1,01	<1	<1
Pb	microg/l	10	< RL	< RL	<RL	< RL	< RL	2,43	1,04	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Cu	microg/l	1000	< RL	< RL	<RL	< RL	< RL	3,2	6,6	1,54	<1	3,2	1,8	<0,001	<1	2,13	<1	<1
Zn	microg/l	3000	10,6	11,7	11,7	5,9	12,7	17,7	58	18,6	6,8	31,9	7,2	23,2	9	9,6	18,3	<20

Piezometro S6

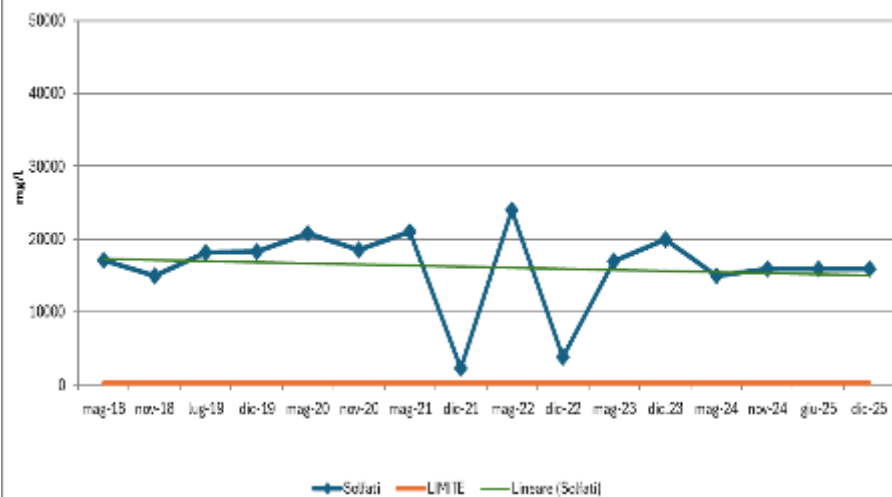
Parametri	U.M.	LIMITI	mag-18	nov-18	lug-19	dic-19	mag-20	nov-20	mag-21	dic-21	mag-22	dic-22	mag-23	dic-23	mag-24	nov-24	giu-25	dic-25
Conducibilità elettrica a 20°C			8100	5970					5100	2400	2700	1000	4436	2000	1040	1530	1640	4300
Potenziale redox			178	162											13,3	-3,7	127	234
pH			6,41	6,46					6,51	6,85	6,88	7,06	6,82	6,9	7,02	6,86	5,93	4,57
Cloruri	mg/l		26,5	24,9	11,4	19,1	17	15,7	15	11,5	14	9,4	9,2	31	5,9	8,6	4,7	21
Solfati	mg/l	250	4770	3670	2380	3020	3.610	2.700	3.800	1.800	1.700	420	2.500	4.400	460	880	1200	3400
Alluminio	microg/l	200	< RL	< RL	<RL	< RL	< RL	46	<10	<10	125	<10	<10	<10	<10	24,7	61	61
As	microg/l	133	58	16,5	3,76	3,45	10,7	12,5	8,7	17,8	5,5	8,2	1,34	1,35	1,54	<1	<1	1,38
Cd	microg/l	5	11,9	11	16	69	17,5	5,2	15	1,73	3,27	<0,5	8,1	4,35	2,3	20,6	152	1000
Co	microg/l	50	3.580	1.050	1160	1420	1.460	724	1.900	359	357	50	420	660	23,9	304	1760	8500
Fe	microg/l	200	125.000	38.900	23700	3590	35.900	12.700	33.000	18.900	9.100	1.360	182	10.100	76	<10	3490	13400
Mn	microg/l	50	4.730	2.410	2310	2370	2.940	1.870	4.580	1.060	668	293	700	2.030	52,6	299	2600	9600
Hg	microg/l	1	< RL	< RL	<RL	< RL	< RL	< RL	<0,05	<0,05	0,073	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Ni	microg/l	20	92	26	30,3	28,7	28,8	14,7	29	7,7	10	2,04	14	11,6	2,51	11,1	38,2	125
Pb	microg/l	10	< RL	< RL	<RL	< RL	< RL	< RL	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Cu	microg/l	1000	2,21	3,18	4,9	12,8	6,2	5	3,5	5,11	9,5	8,5	5,56	0,00463	48,5	500	10800	85000
Zn	microg/l	3000	31100	11200	15100	25900	14.100	5.890	16.000	3.180	6.900	488	6.500	7.900	820	7900	47700	203000



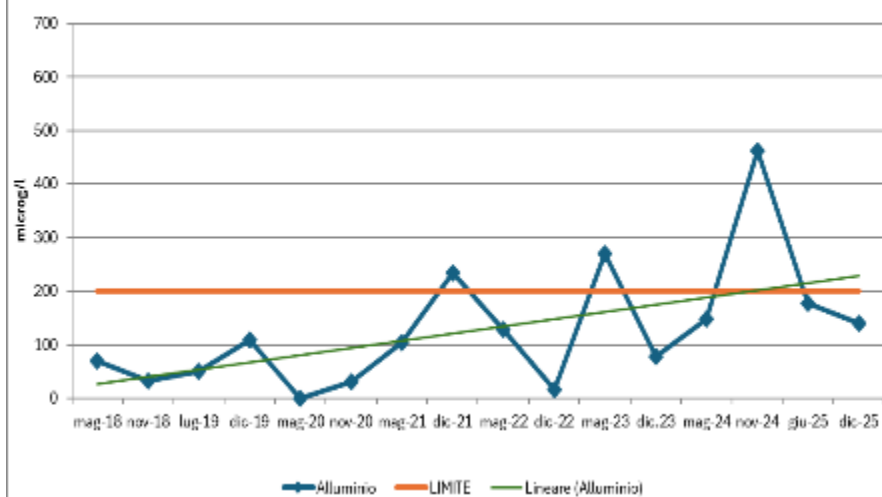
Piezometro S6P

Parametri	U.M.	LIMITI	mag-18	nov-18	lug-19	dic-19	mag-20	nov-20	mag-21	dic-21	mag-22	dic-22	mag-23	dic-23	mag-24	nov-24	giu-25	dic-25
Conducibilità elettrica a 20°C			10000	10240					9700	6300	7400	6200	4438	8900	3800	2900	2900	4200
Potenziale redox			165	147										-2,7	-0,6	73,4	96	
pH			6,49	6,37					6,35	6,52	6,72	6,68	6,77	6,06	6,67	6,81	6,37	6,15
Cloruri	mg/l		59	53	57	48,5	50,6	47,4	54	19	46	26	40	49	11,2	11,8	10,2	21
Solfati	mg/l	250	7600	7900	8200	8100	8.300	7.810	7.000	5.100	6.900	5.100	3.100	6.700	2300	1900	2300	2500
Alluminio	microg/l	200	< RL	< RL	< RL	27	22	23	<10	15,3	<10	13,1	<10	<10	10,3	<10	13,6	17,9
As	microg/l	133	7,3	7,4	5,2	12,6	3,37	8,4	5,3	149	3,67	<1	1,67	1,16	7,9	1,56	<1	174
Cd	microg/l	5	< RL	< RL	< RL	< RL	< RL	< RL	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,13	<0,5	<0,5	<0,5	1,67	2,95
Co	microg/l	50	87	132	57,2	127	101	142	78	770	220	412	259	23,9	167	185	549	760
Fe	microg/l	200	64.000	80.000	75000	74000	67.000	67.000	51000	35500	37800	1610	261	43.500	8500	<10	8400	25000
Mn	microg/l	50	2.110	2.290	2500	2170	2.210	2.020	2360	1710	1690	1070	1.000	2.740	850	1080	2030	2660
Hg	microg/l	1	< RL	< RL	< RL	< RL	< RL	< RL	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Ni	microg/l	20	1,24	1,24	< RL	1,54	< RL	< RL	<1	33,2	7,09	16,4	13,2	1,41	8,7	7,7	16,3	20,8
Pb	microg/l	10	< RL	< RL	< RL	< RL	< RL	< RL	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Cu	microg/l	1000	< RL	< RL	< RL	< RL	< RL	< RL	<1	<1	<1	2,9	1,71	<0,011	2,22	4,77	62	226
Zn	microg/l	3000	284	124	130	203	46	56,6	100	405	830	1530	720	168	482	505	3070	3560

Pz S4 - Andamento Solfati

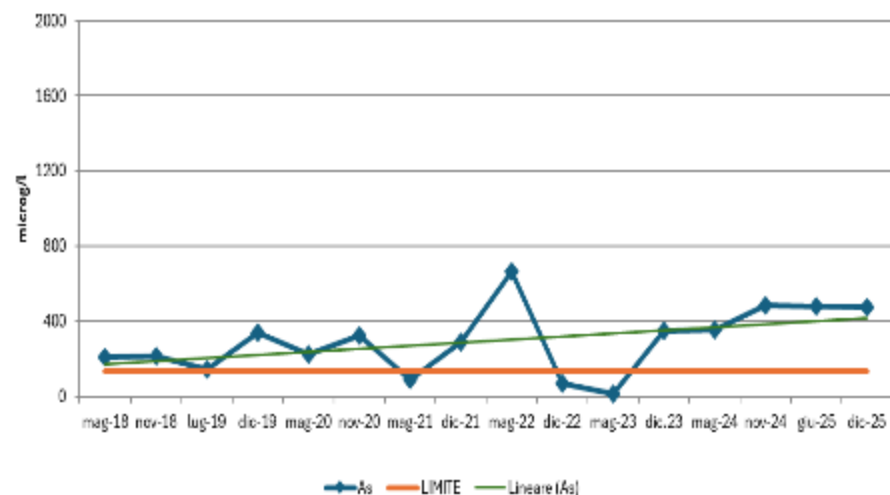


Pz S4 - Andamento Alluminio

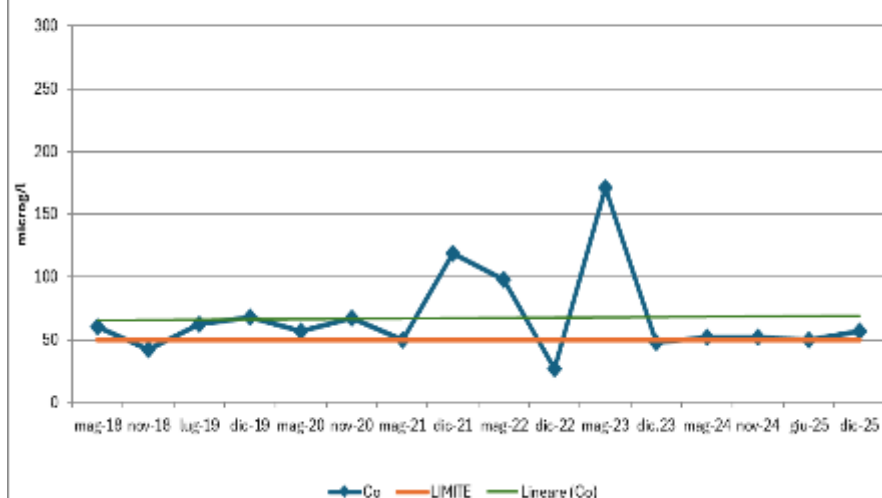




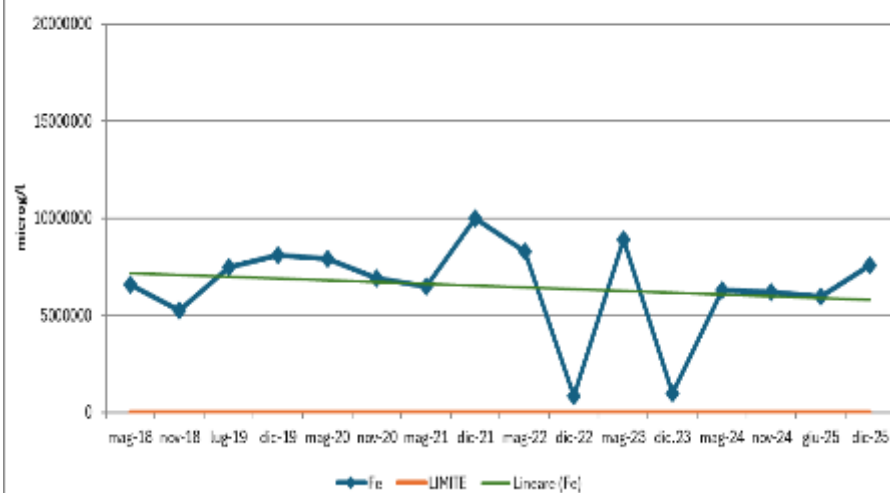
Pz S4 - Andamento Arsenico



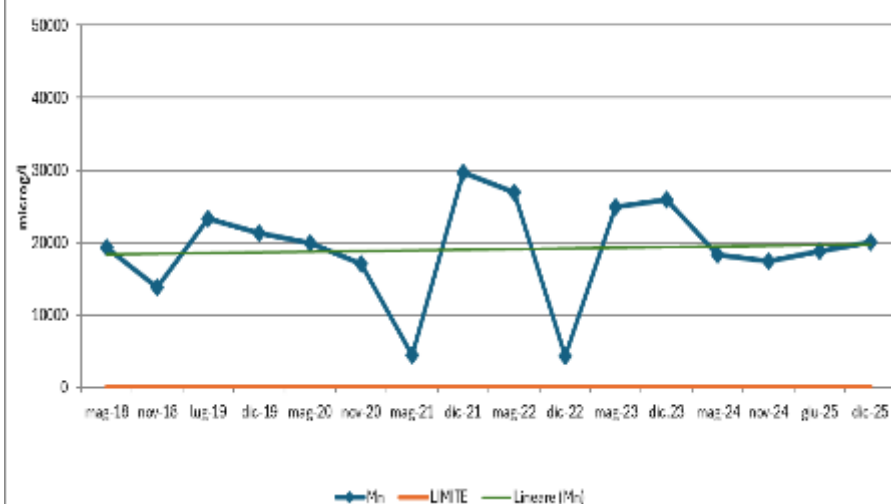
Pz S4 - Andamento Cobalto



Pz S4 - Andamento Ferro

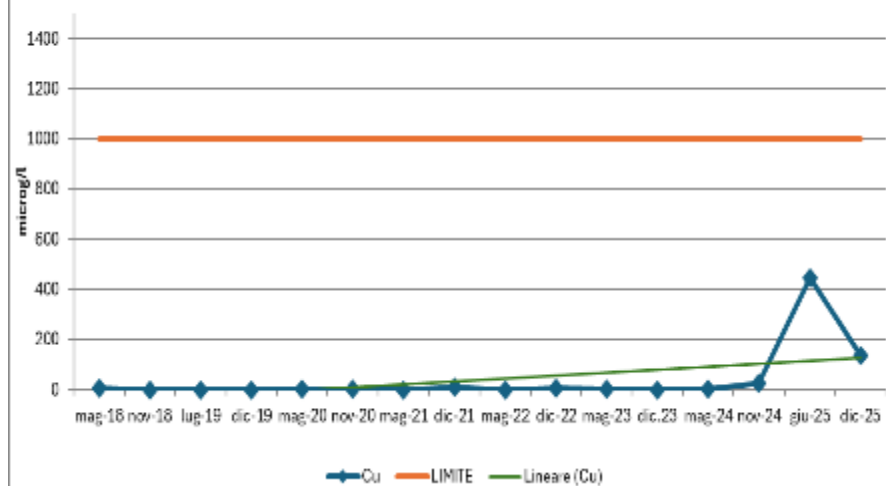


Pz S4 - Andamento Manganese

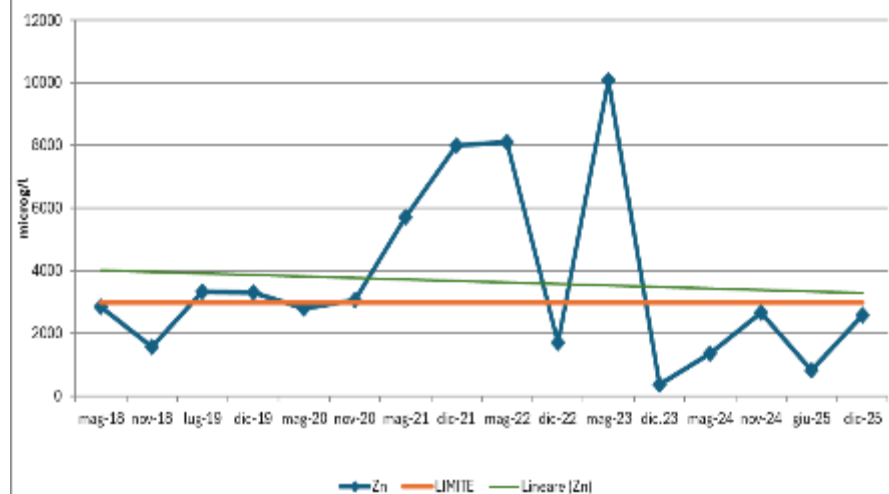




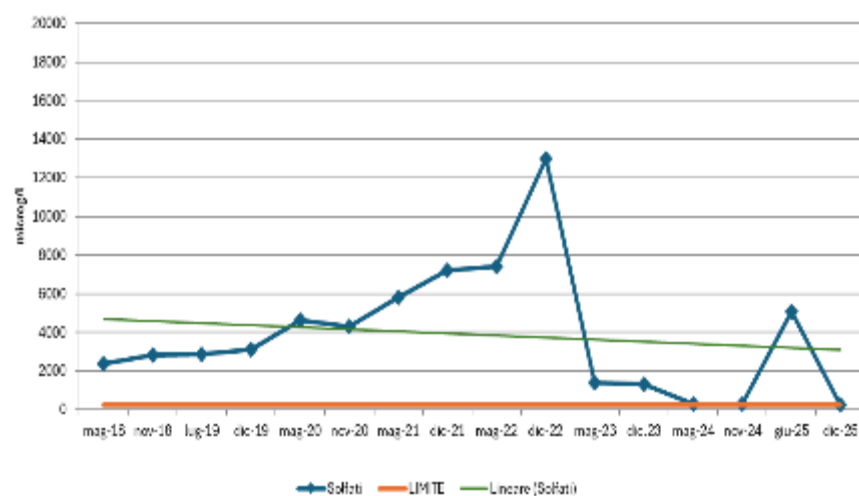
Pz S4 - Andamento Rame



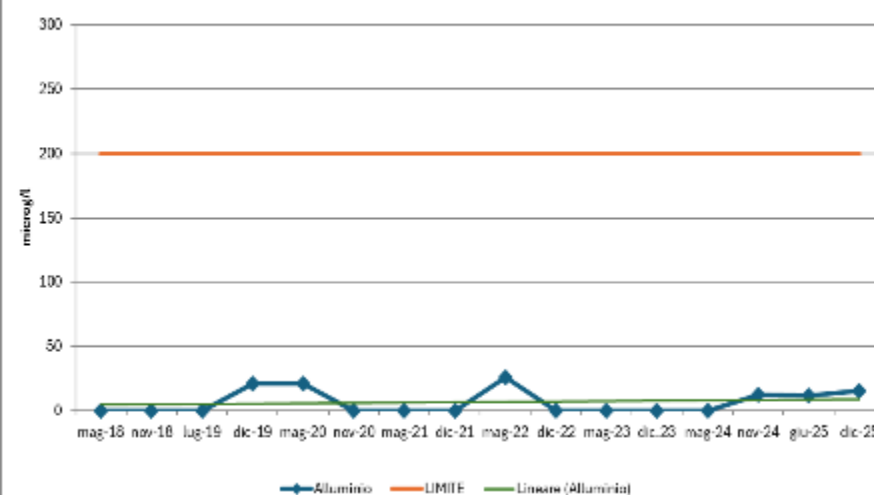
Pz S4 - Andamento Zinco

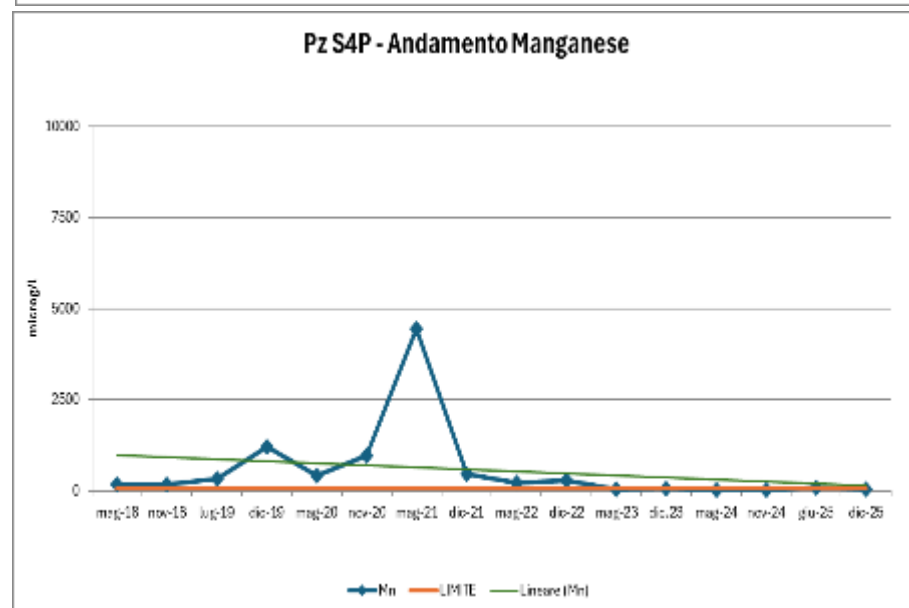
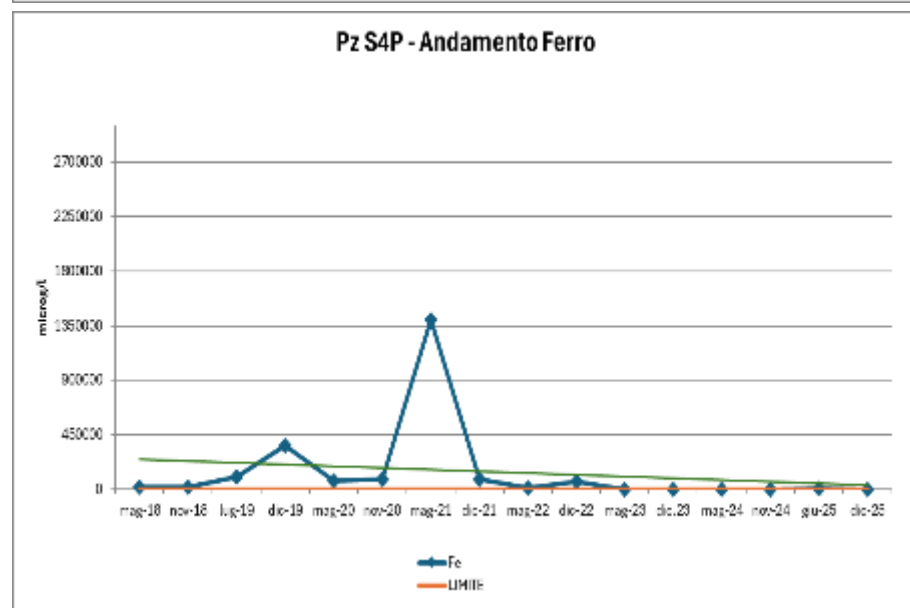
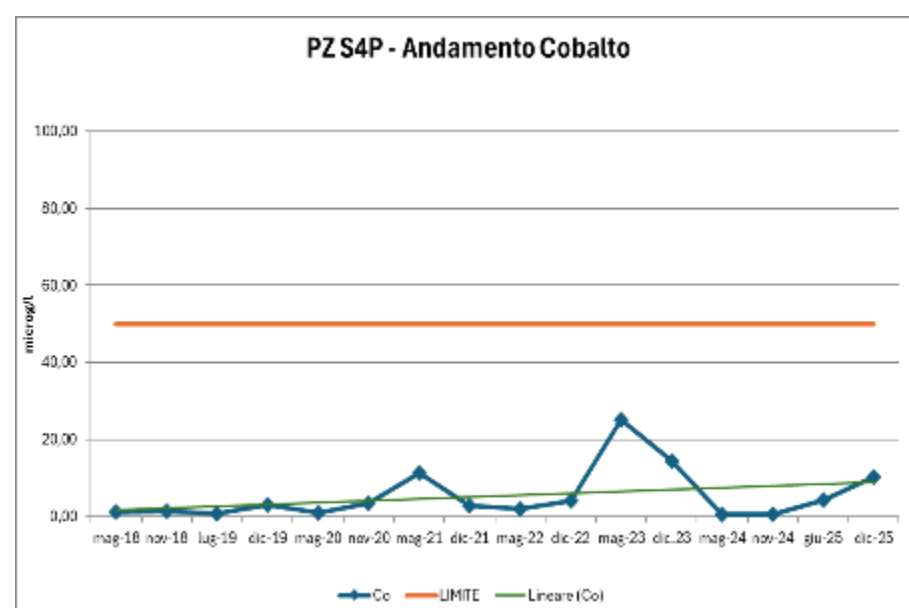
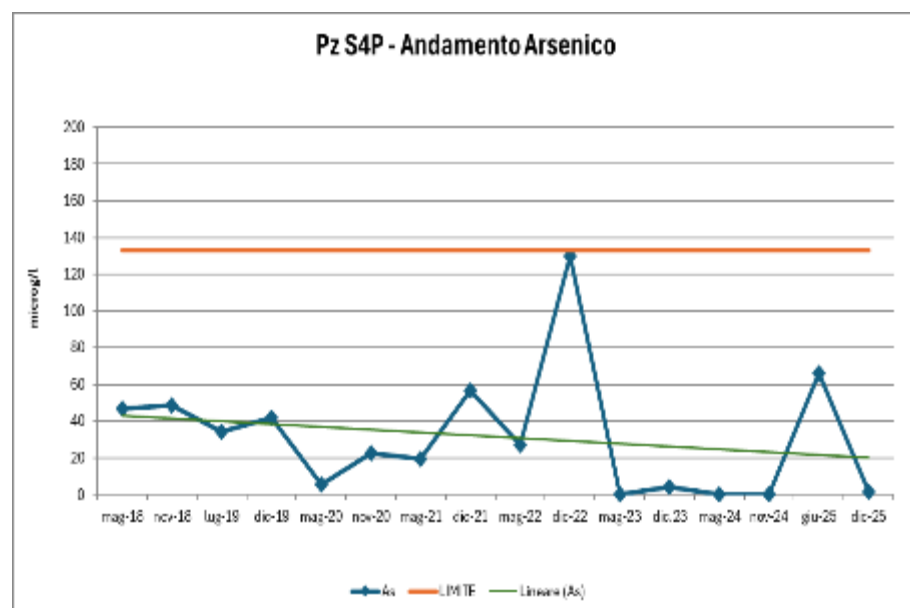


PZ S4P - Andamento Solfati

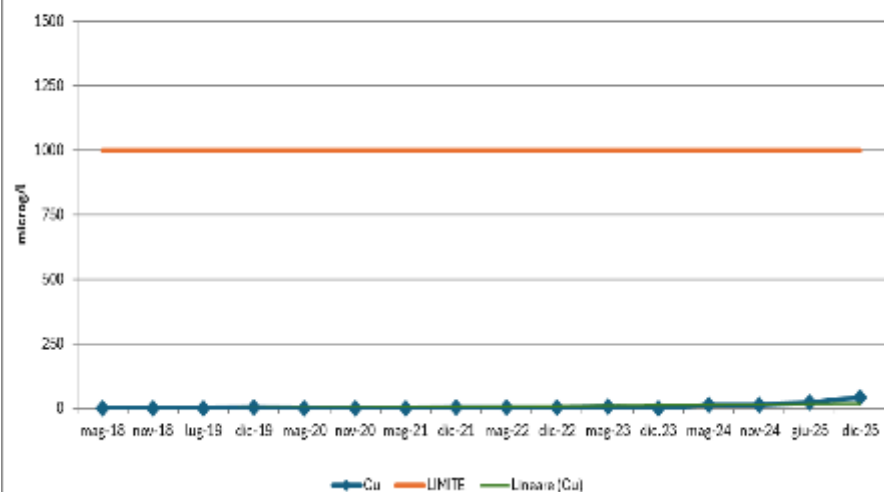


PZ S4P - Andamento Alluminio

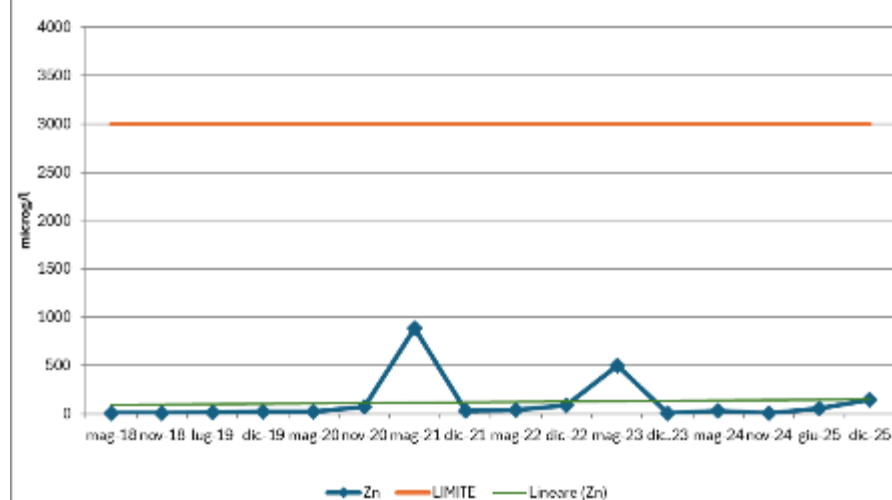




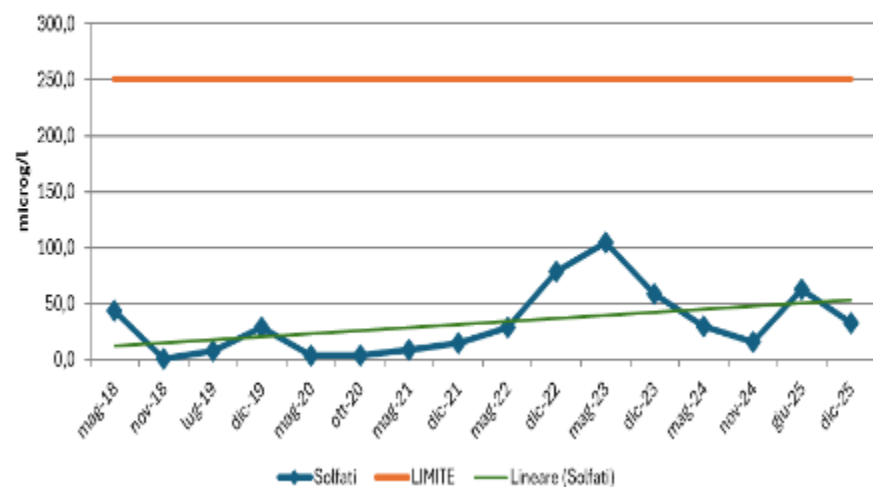
PZ S4P - Andamento Rame



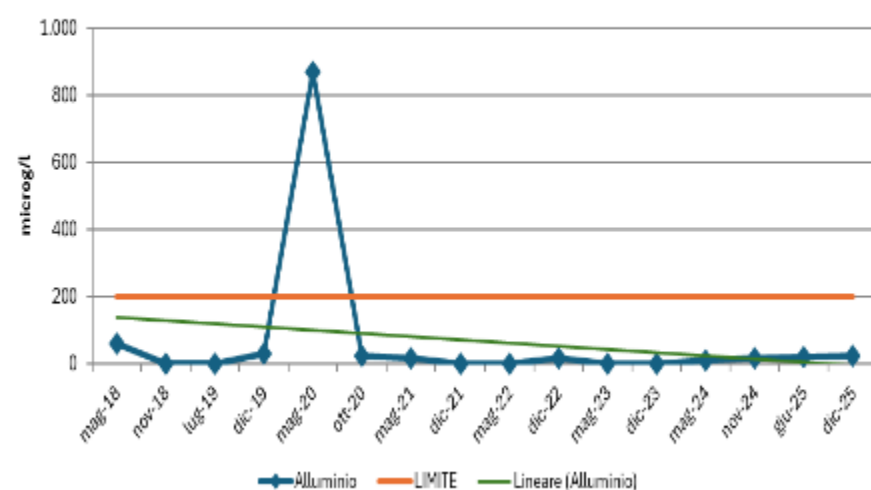
PZ S4P - Andamento Zinco



Pz S3P - Andamento Solfati

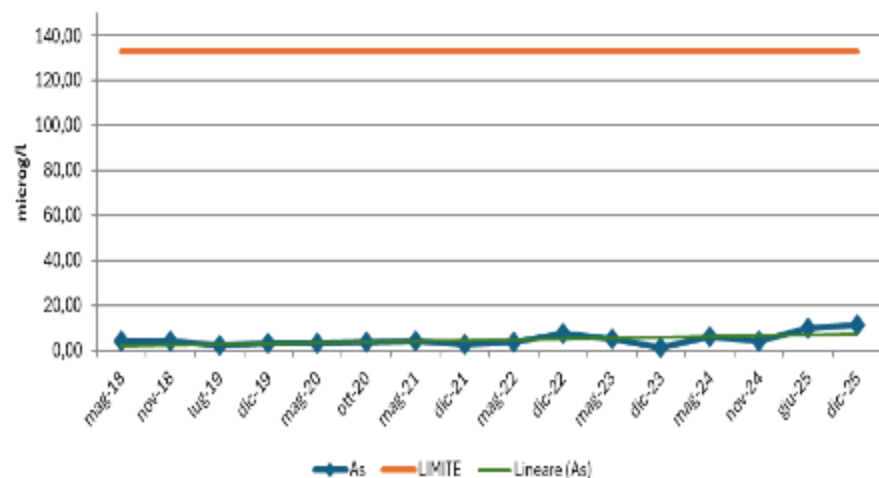


Pz S3P - Andamento Alluminio

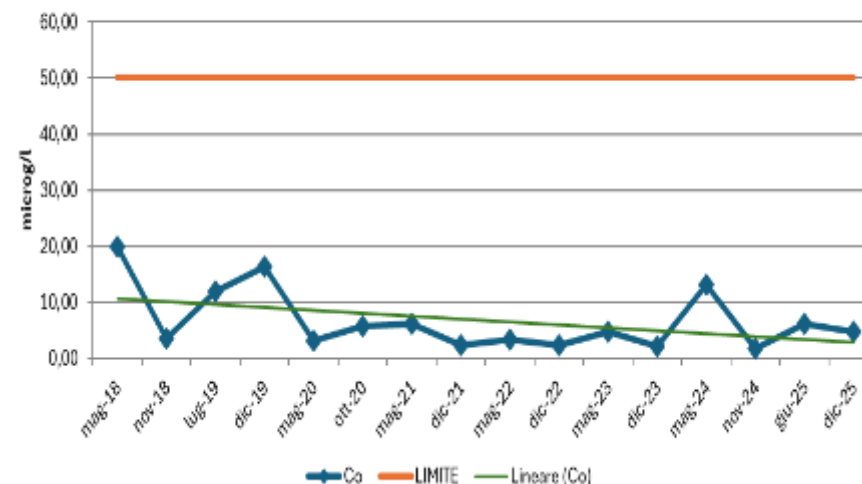




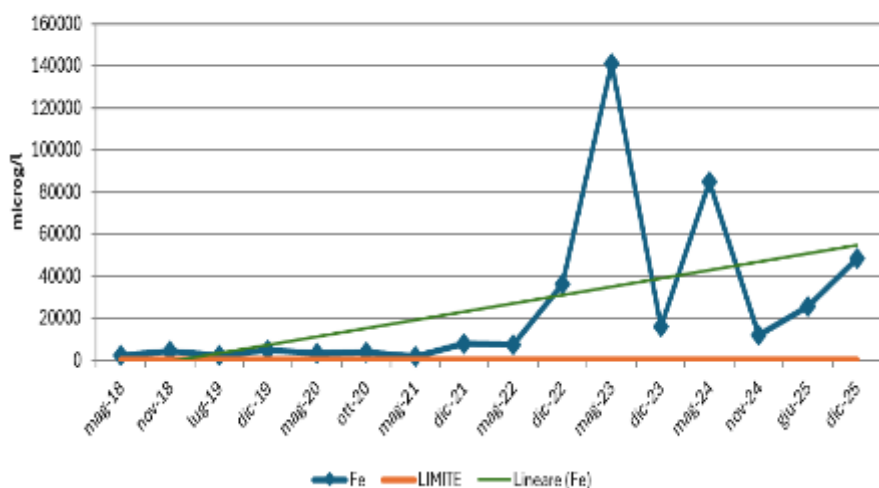
Pz S3P - Andamento Arsenico



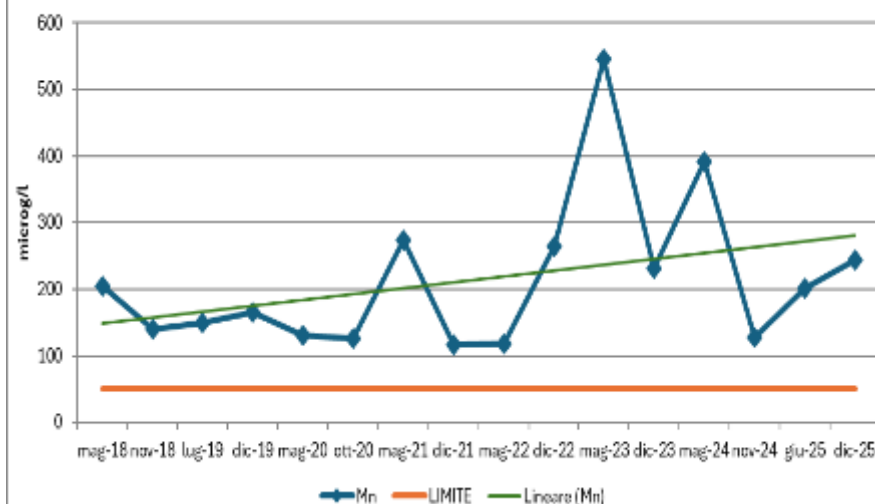
Pz S3P - Andamento Cobalto



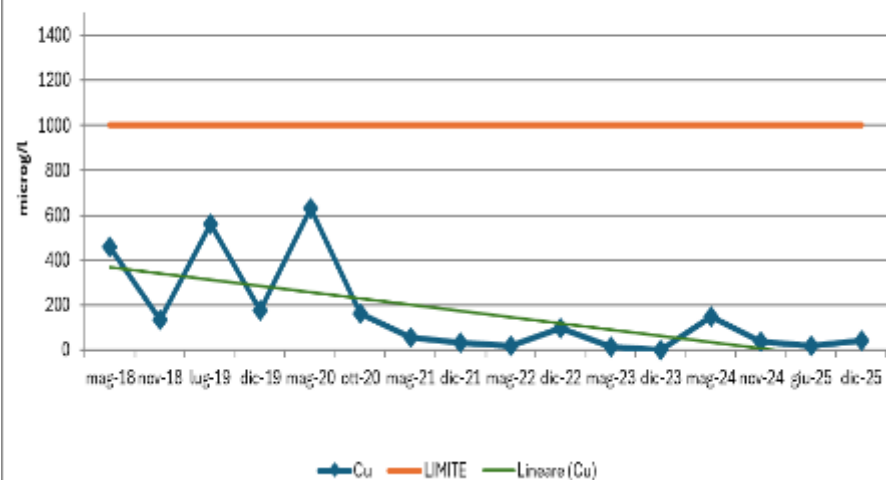
Pz S3P - Andamento Ferro



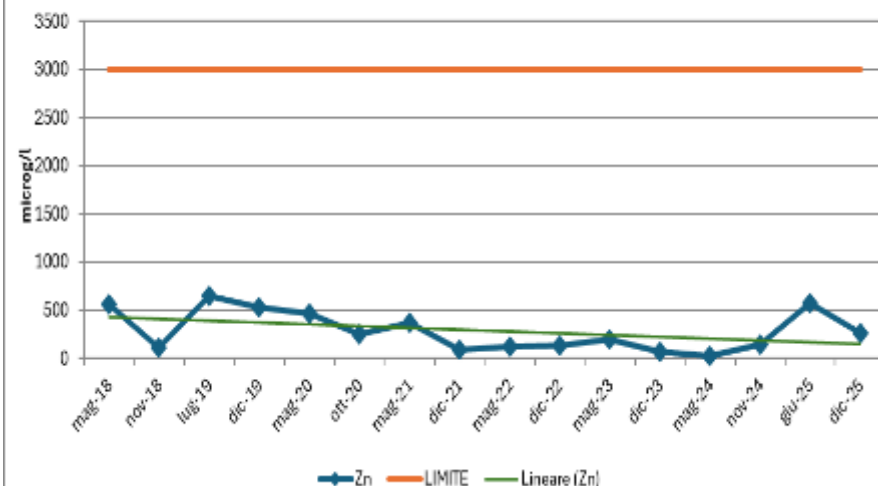
Pz S3P - Andamento Manganese



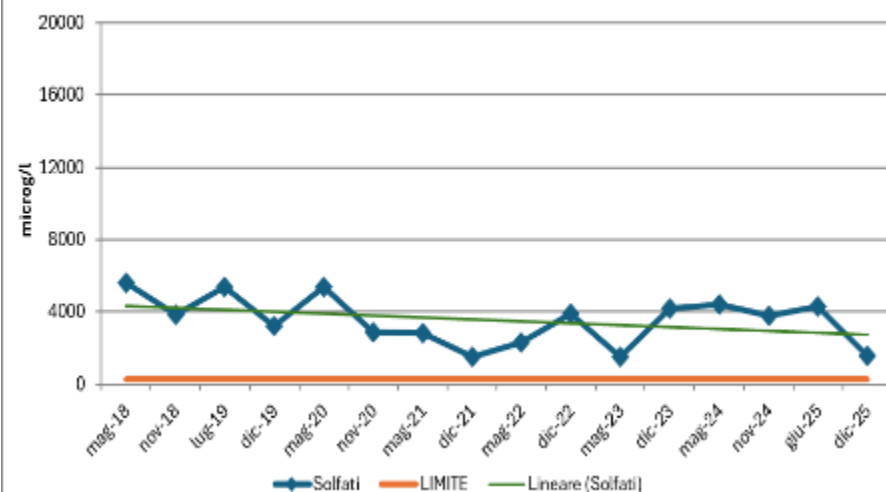
Pz S3P - Andamento Rame



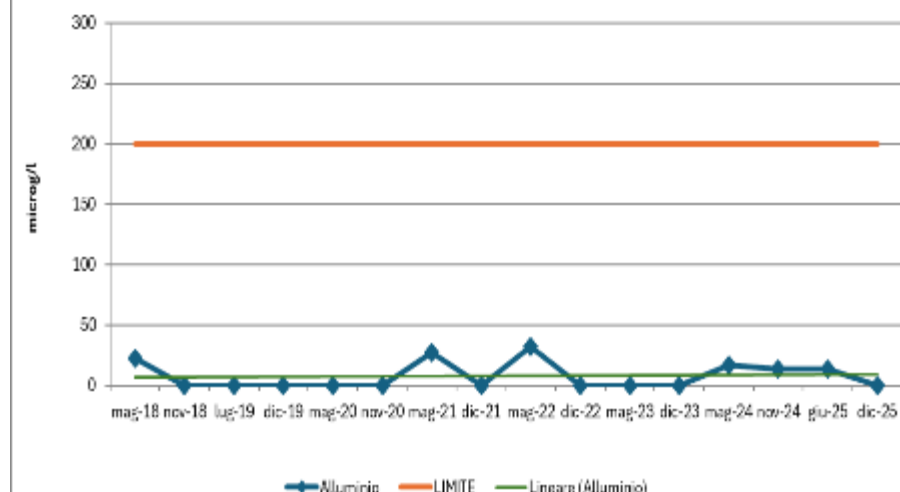
Pz S3P - Andamento Zinco



Pz S2 - Andamento Solfati

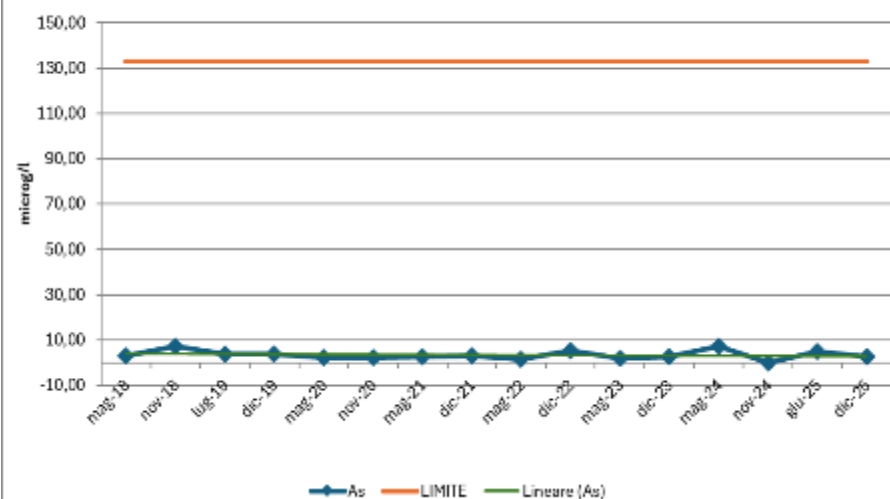


Pz S2 - Andamento Alluminio

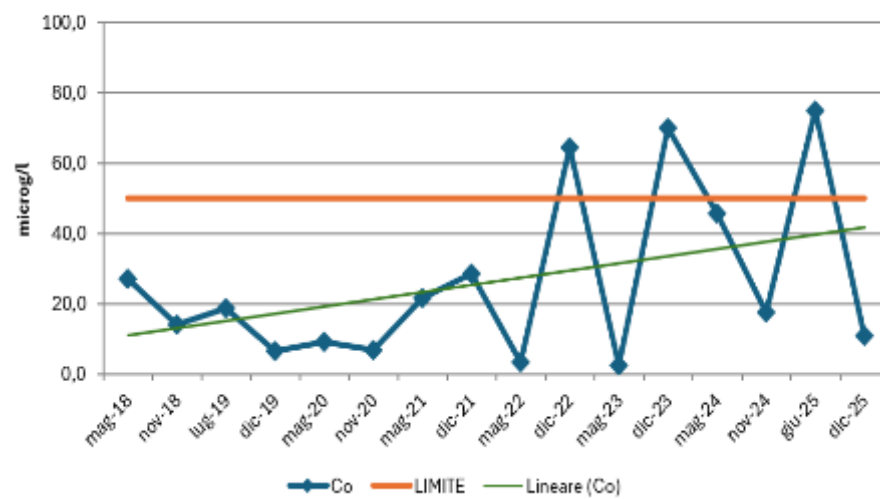




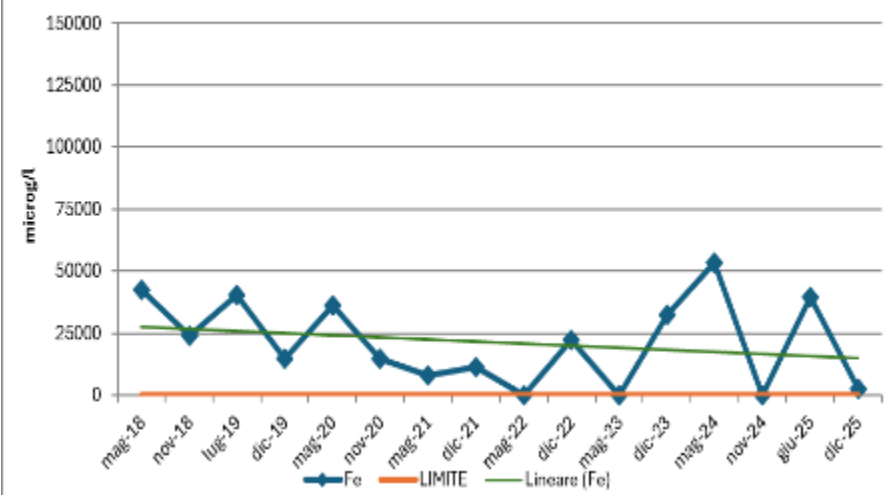
Pz S2 - Andamento Arsenico



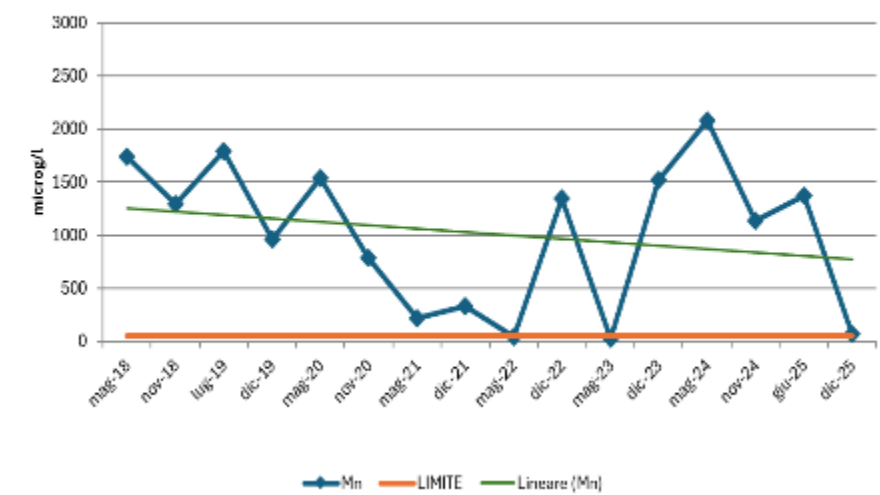
Pz S2 - Andamento Cobalto



Pz S2 - Andamento Ferro

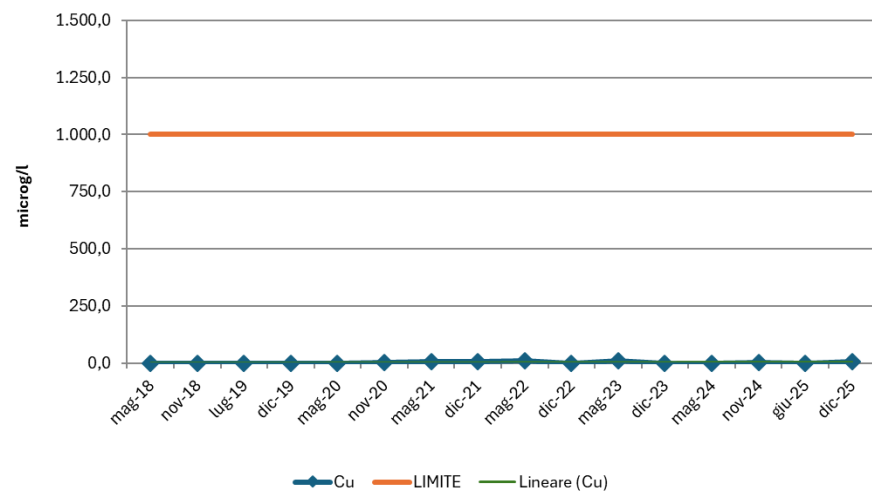


Pz S2 - Andamento Manganese

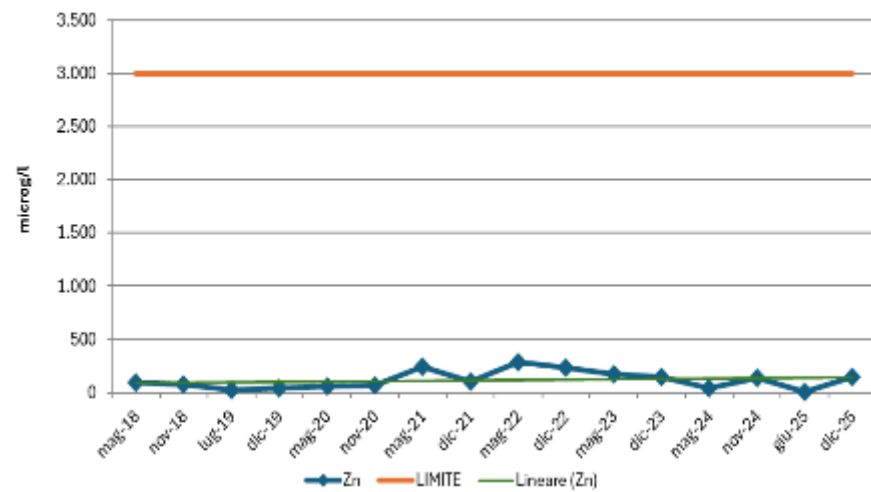




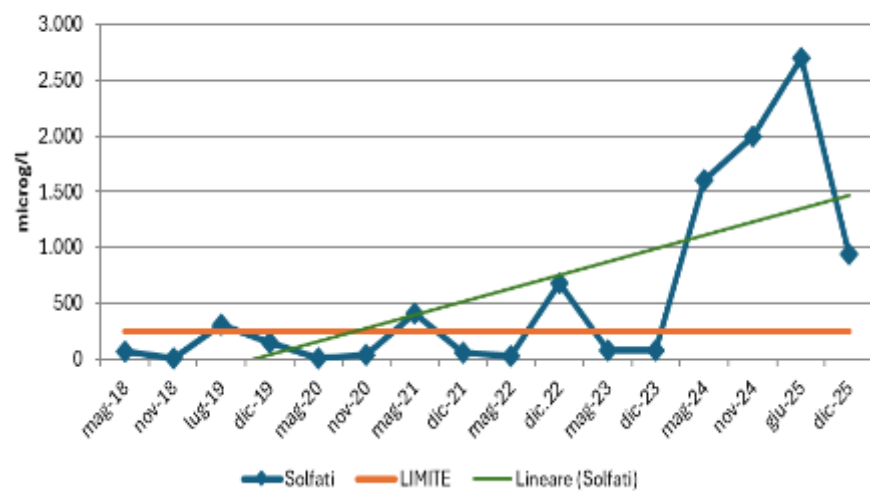
Pz S2 - Andamento Rame



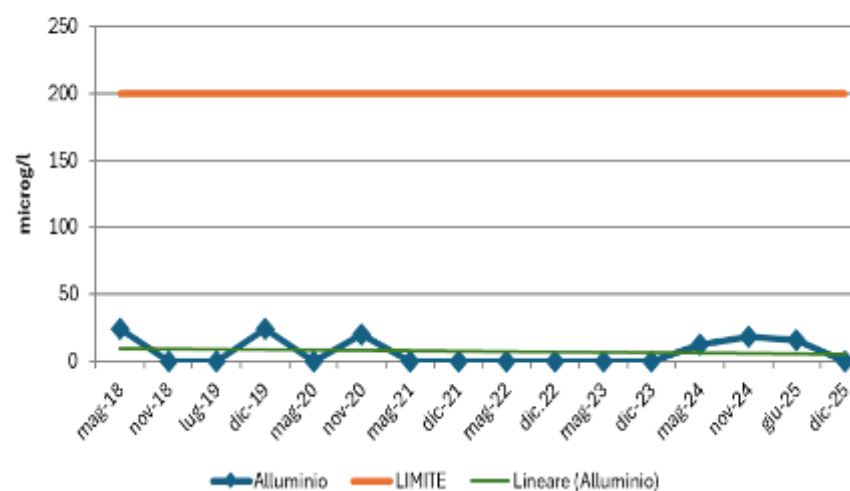
Pz S2 - Andamento Zinco



Pz X3 - Andamento Solfati

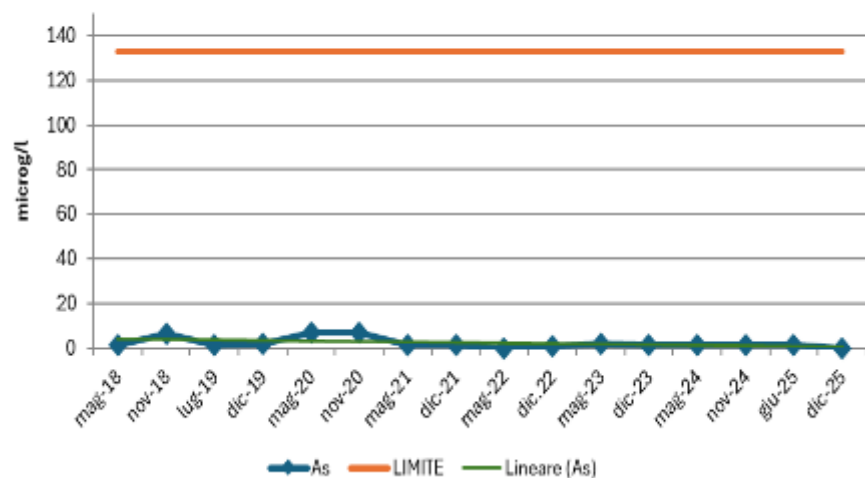


Pz X3 - Andamento Alluminio

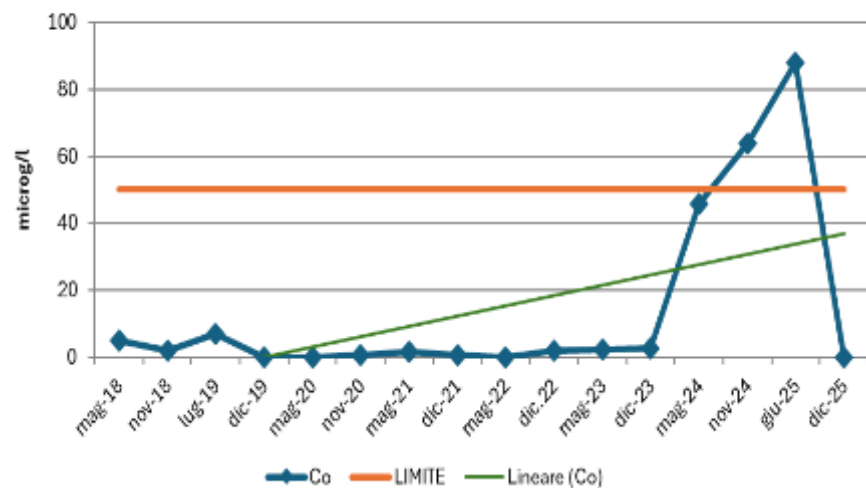




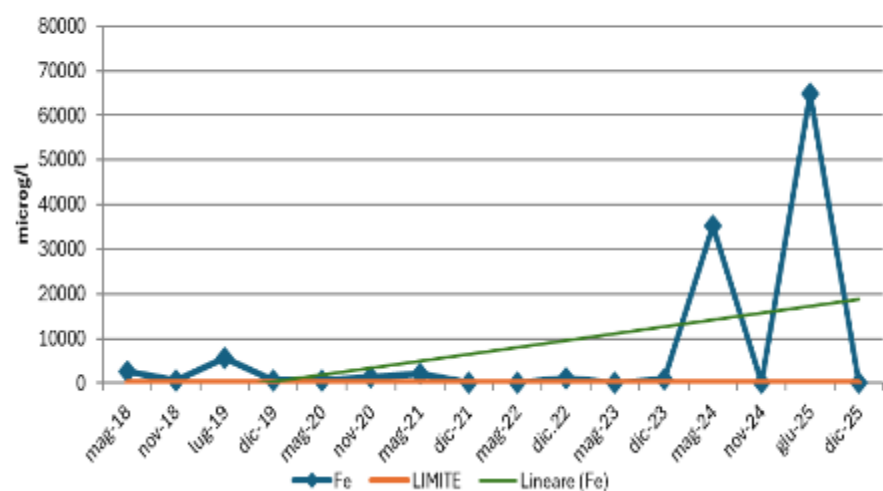
Pz X3 - Andamento Arsenico



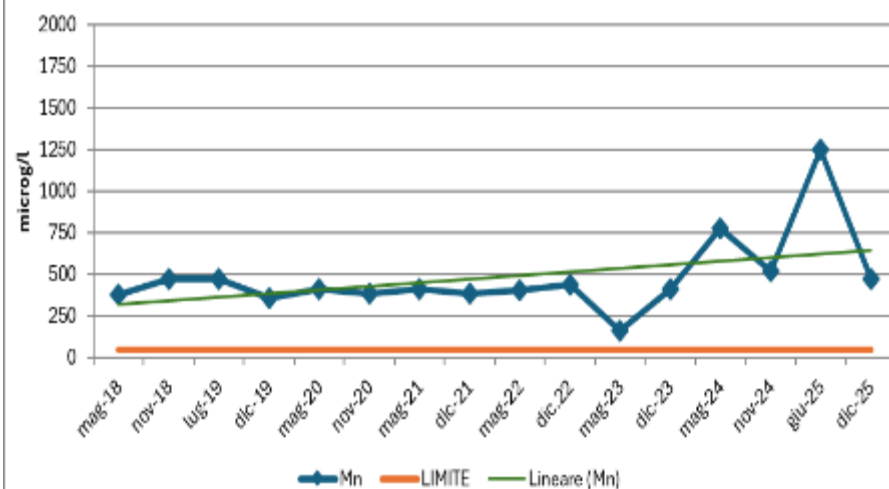
Pz X3 - Andamento Cobalto

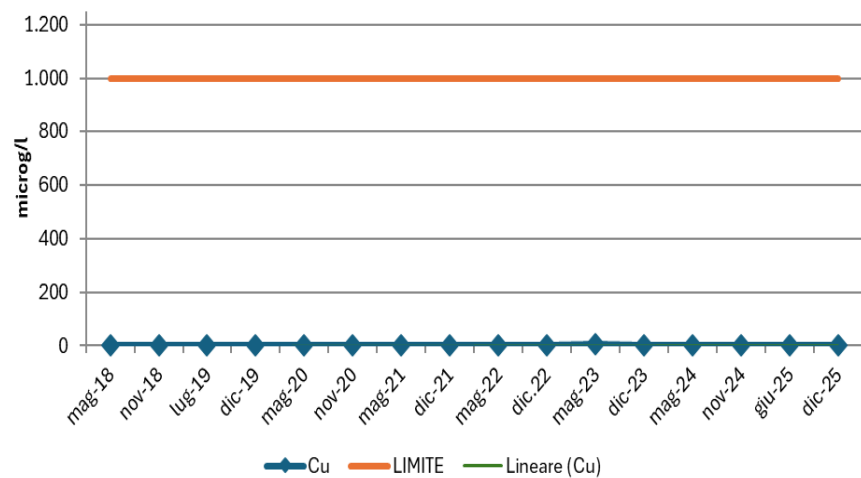
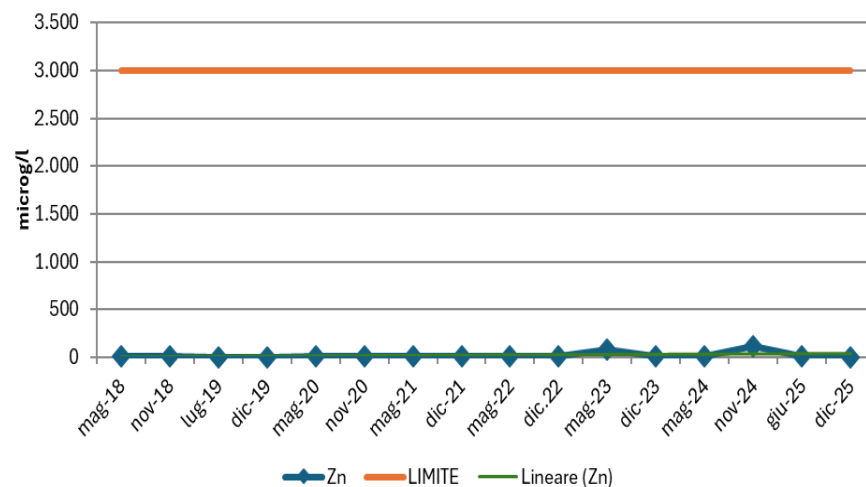
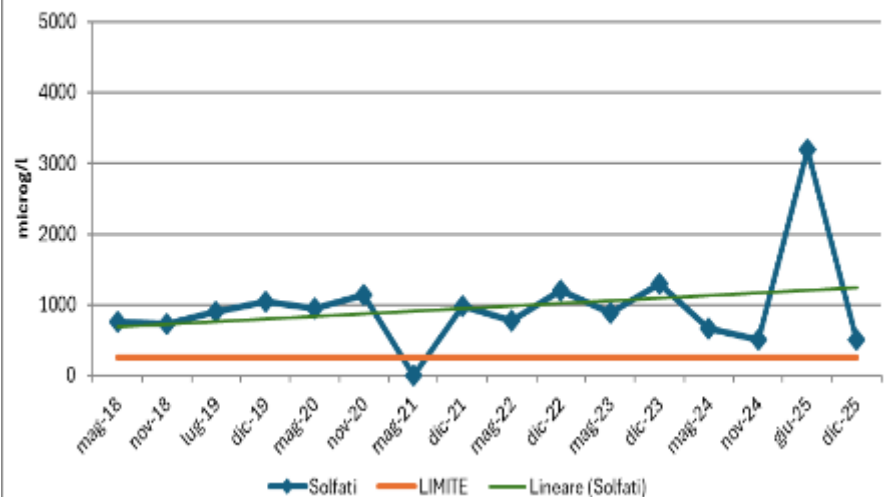
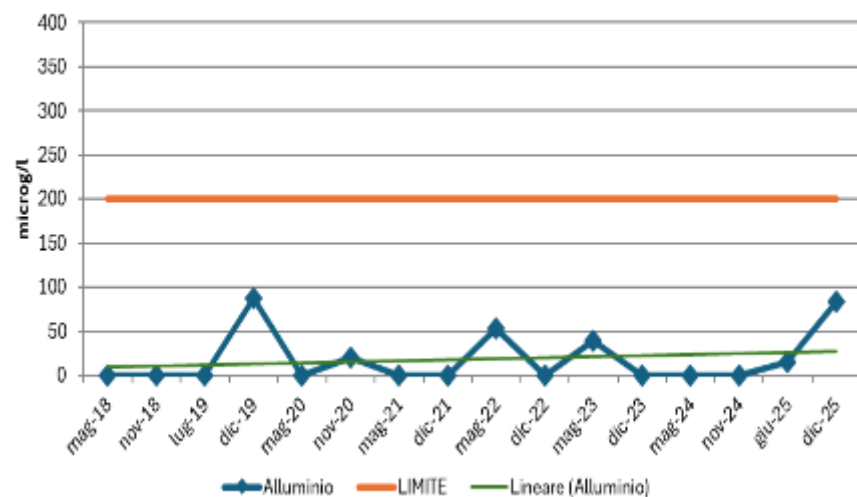


Pz X3 - Andamento Ferro



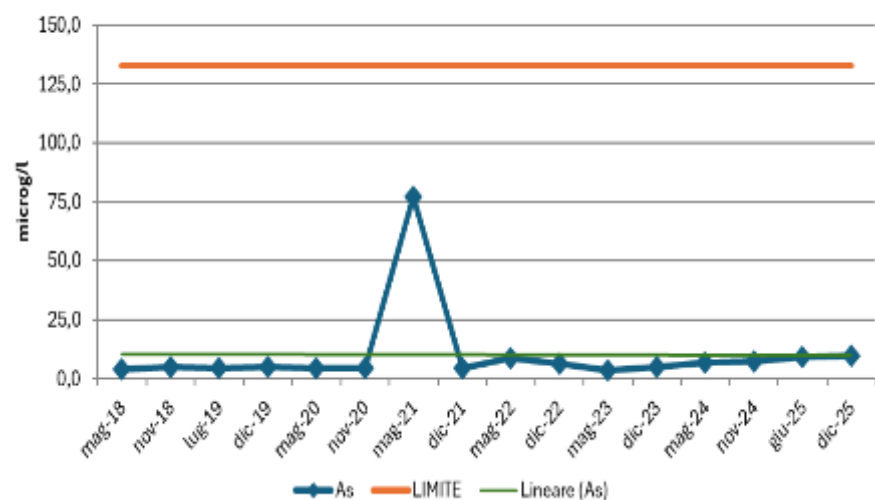
Pz X3 - Andamento Manganese



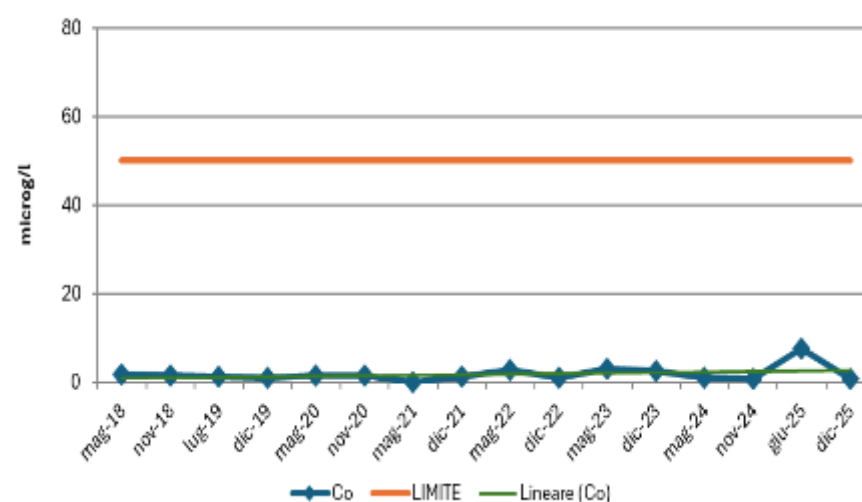
**Pz X3 - Andamento Rame****Pz X3 - Andamento Zinco****Pz S1 - Andamento Solfati****Pz S1 - Andamento Alluminio**



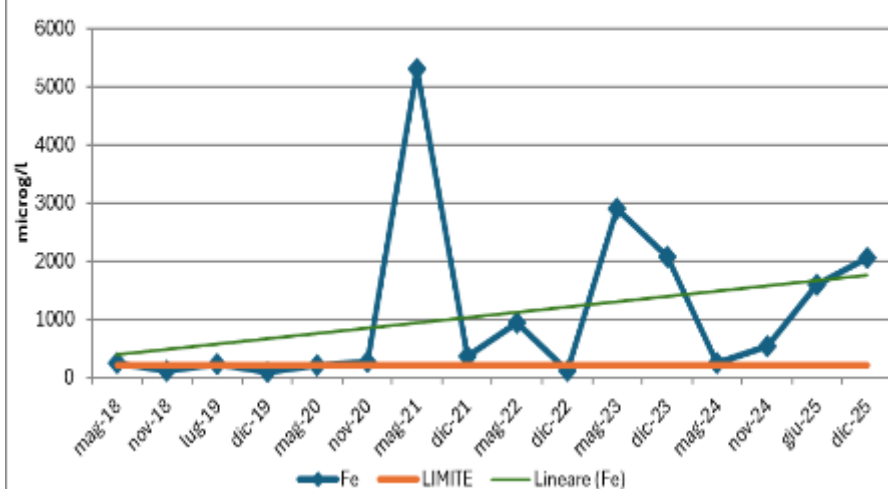
Pz S1 - Andamento Arsenico



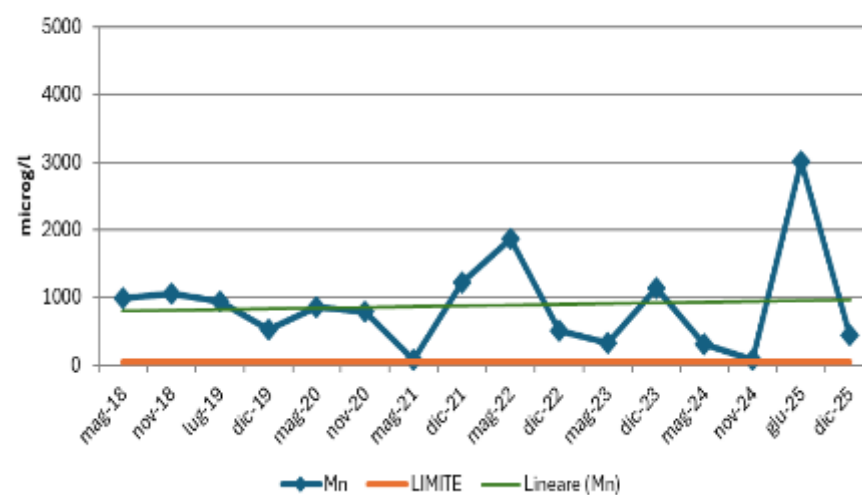
Pz S1 - Andamento Cobalto

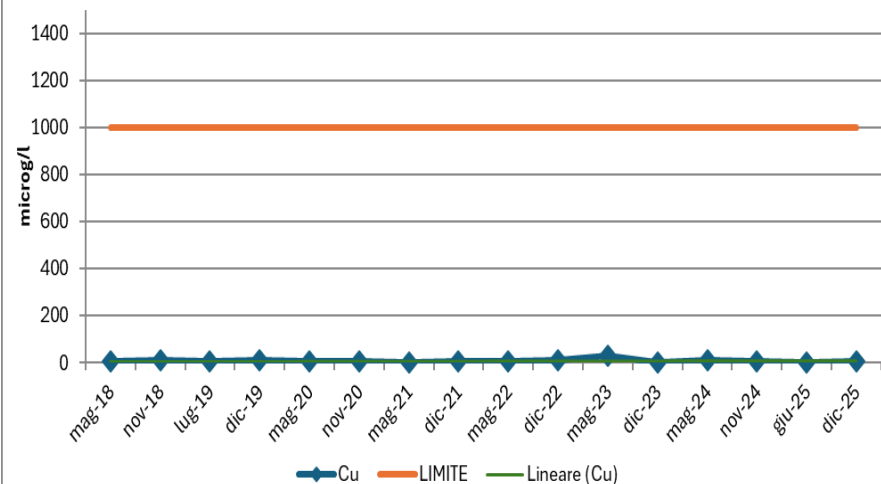
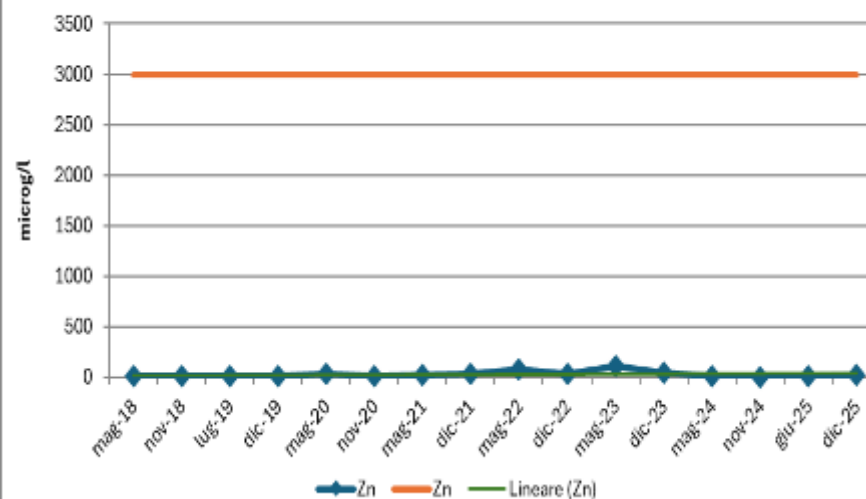
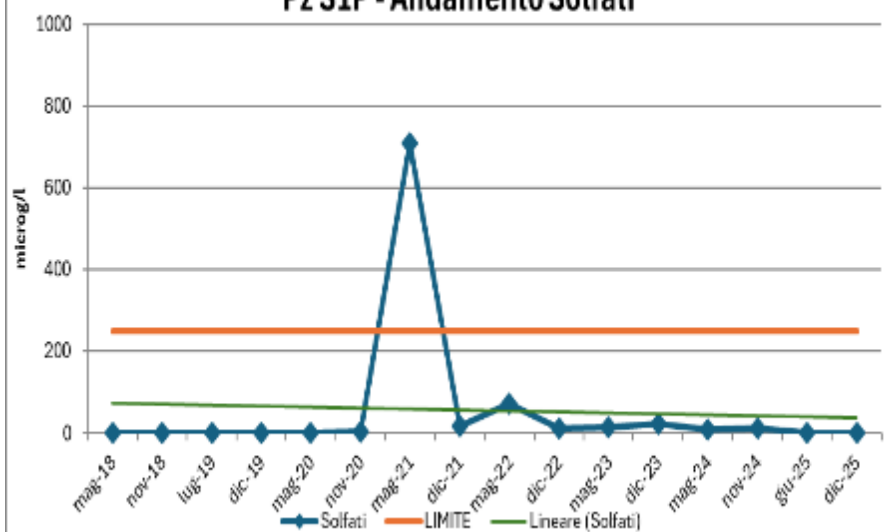
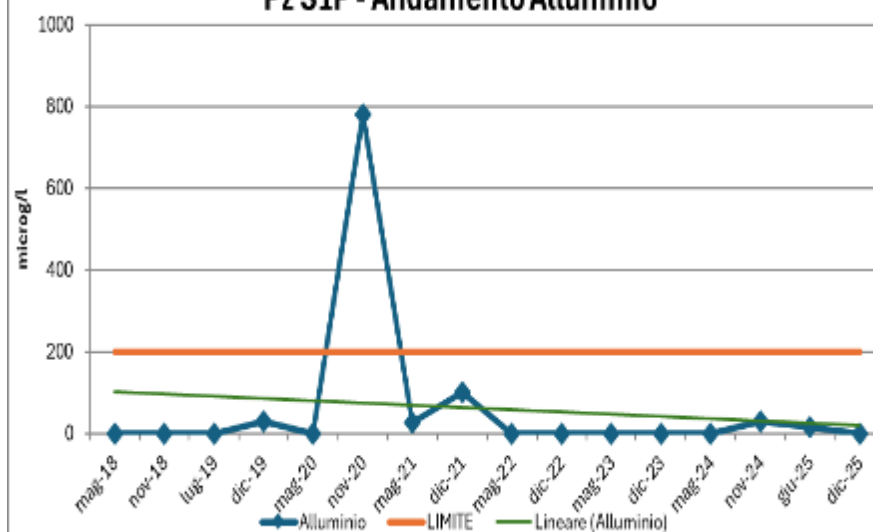


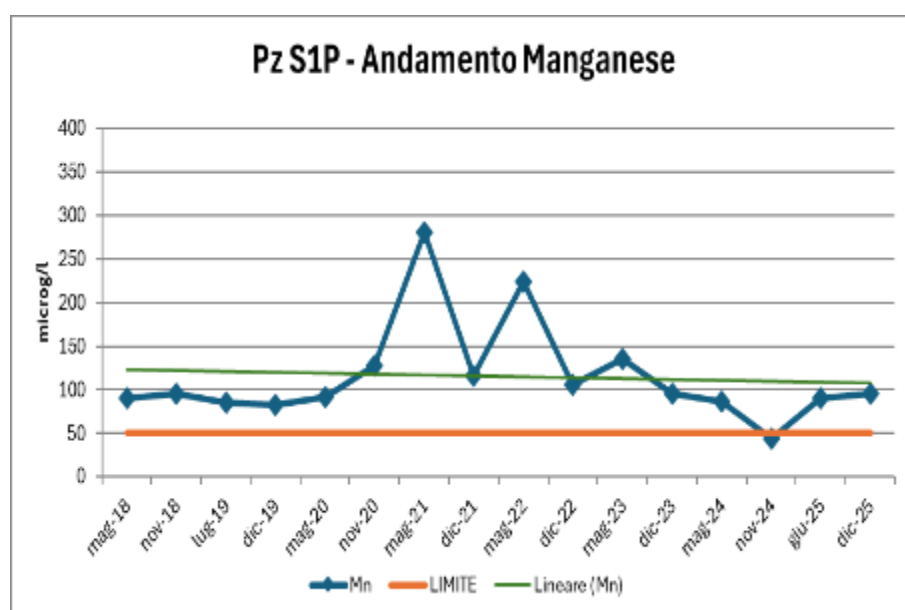
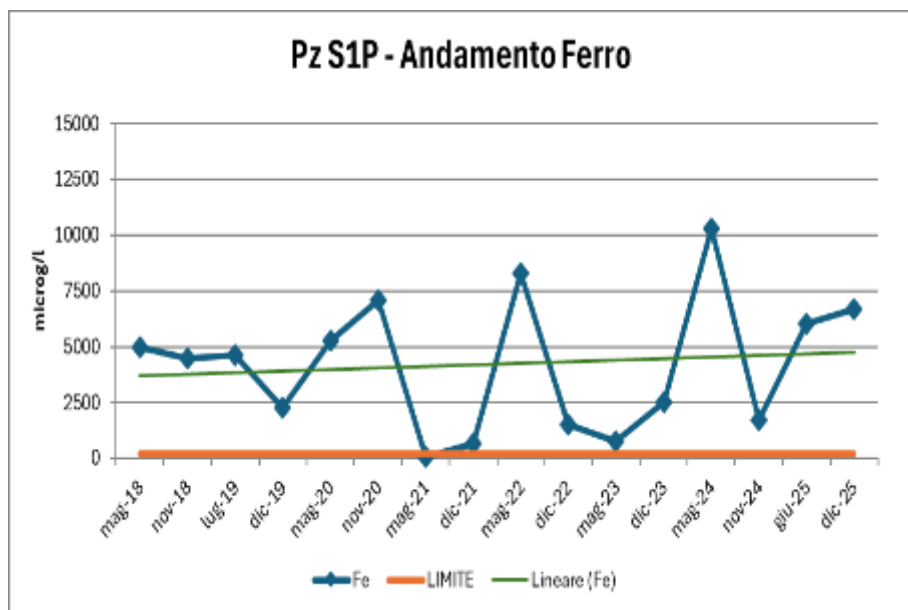
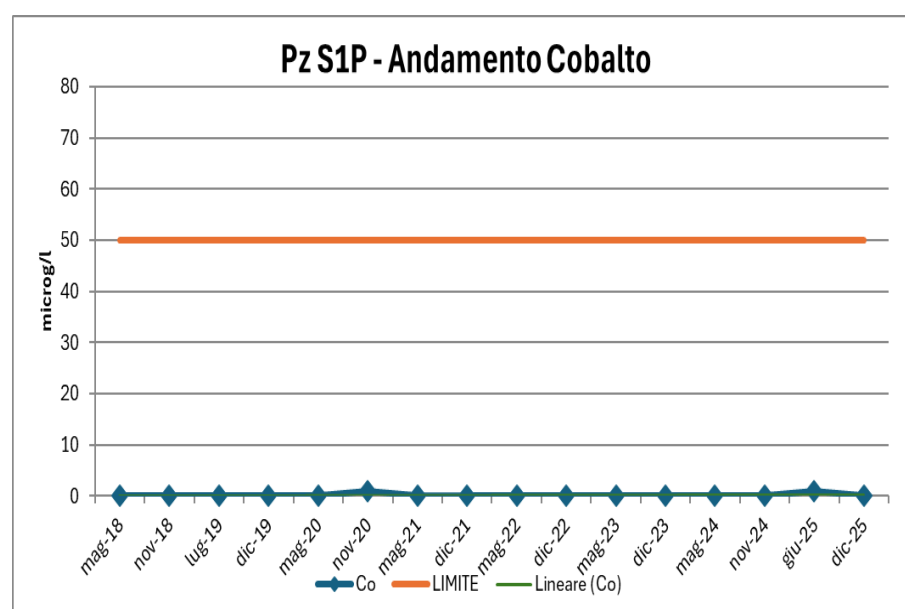
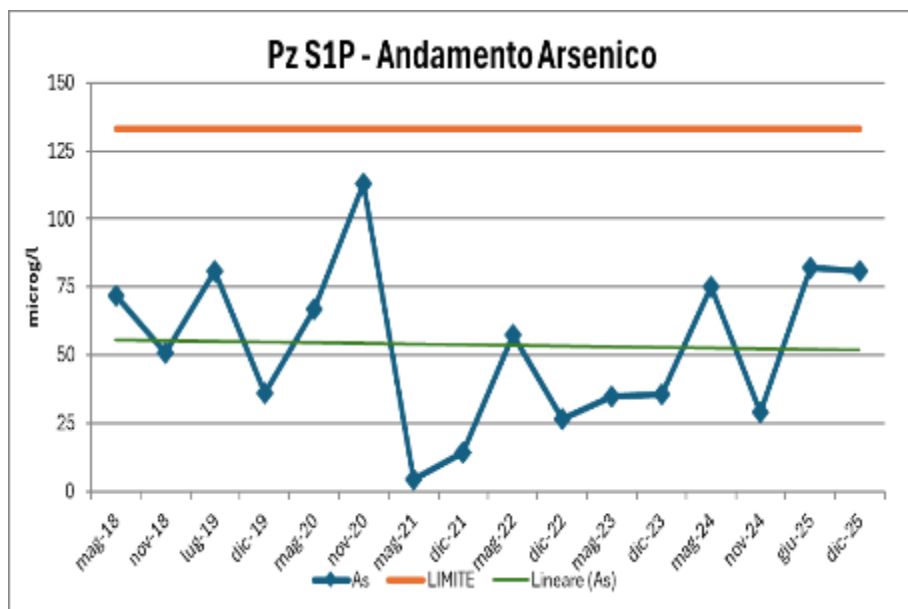
Pz S1 - Andamento Ferro



Pz S1 - Andamento Manganese

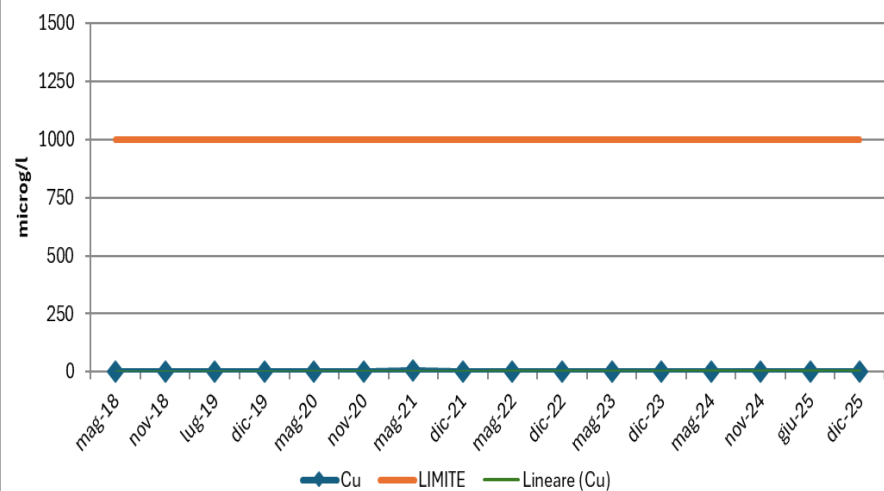


**Pz S1 - Andamento Rame****Pz S1 - Andamento Zinco****Pz S1P - Andamento Solfati****Pz S1P - Andamento Alluminio**

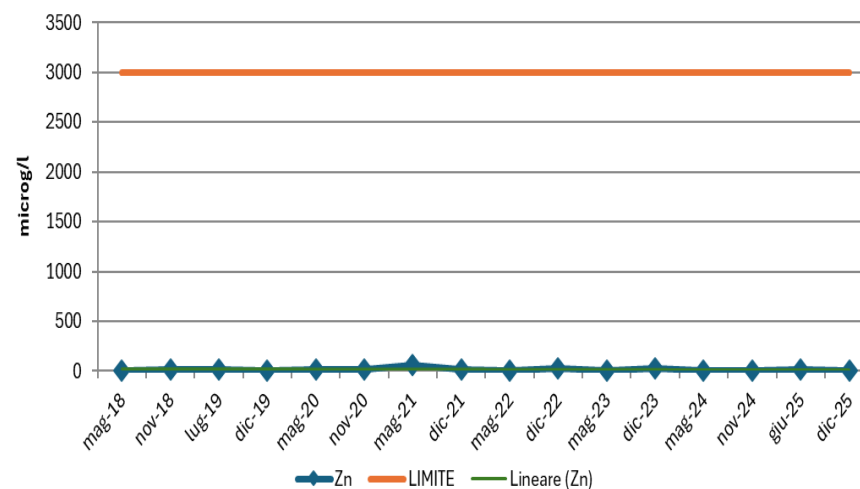




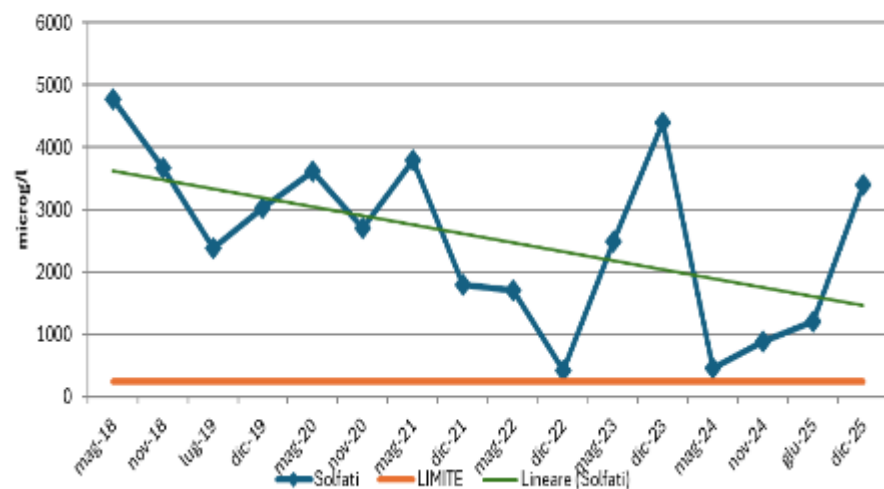
Pz S1P - Andamento Rame



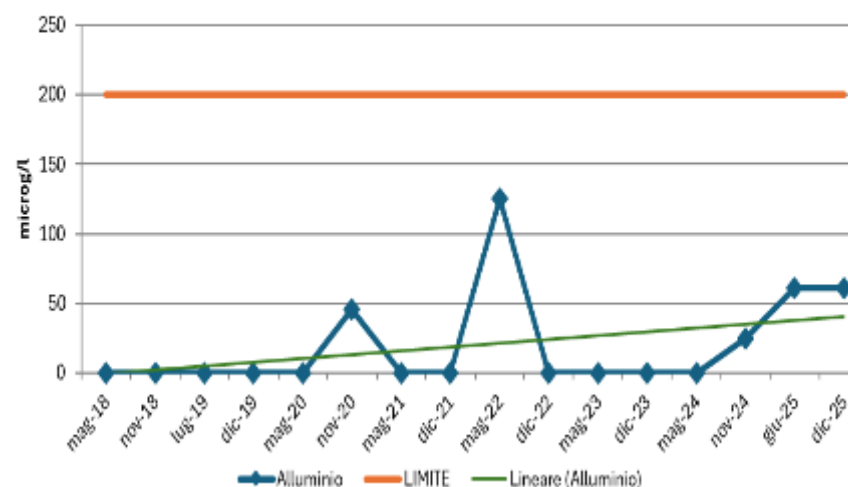
Pz S1P - Andamento Zinco



Pz S6 - Andamento solfati

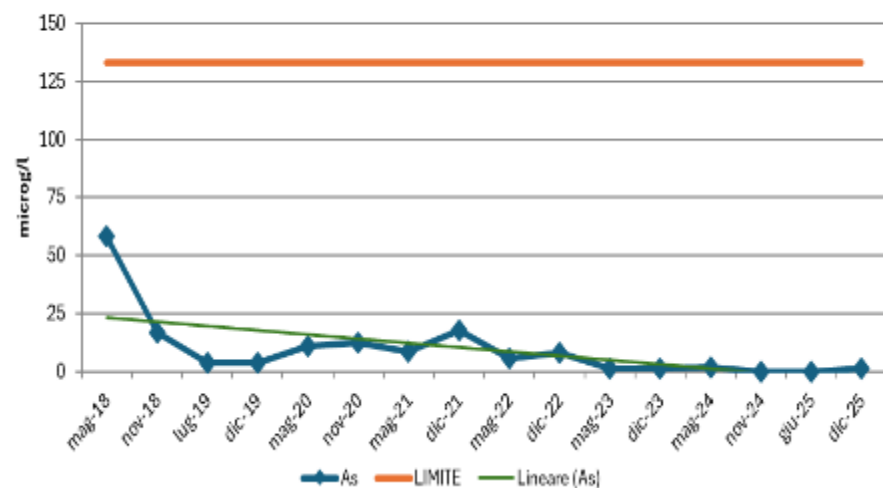


PZ S6 - Andamento Alluminio

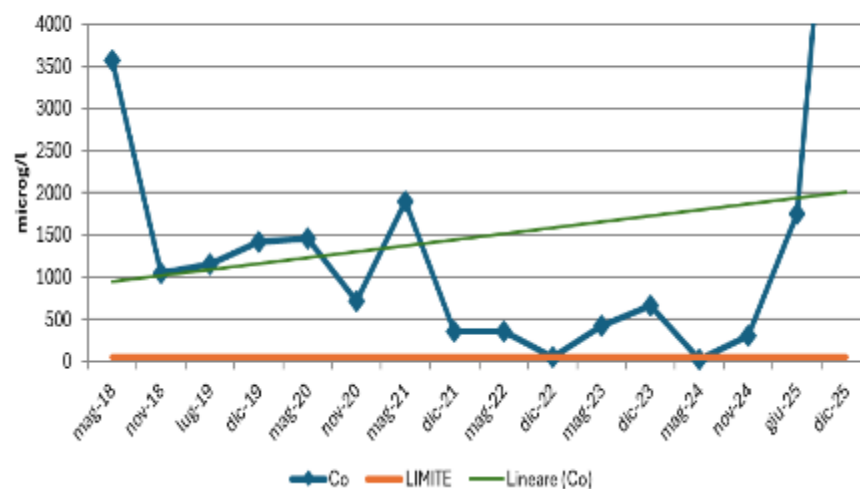




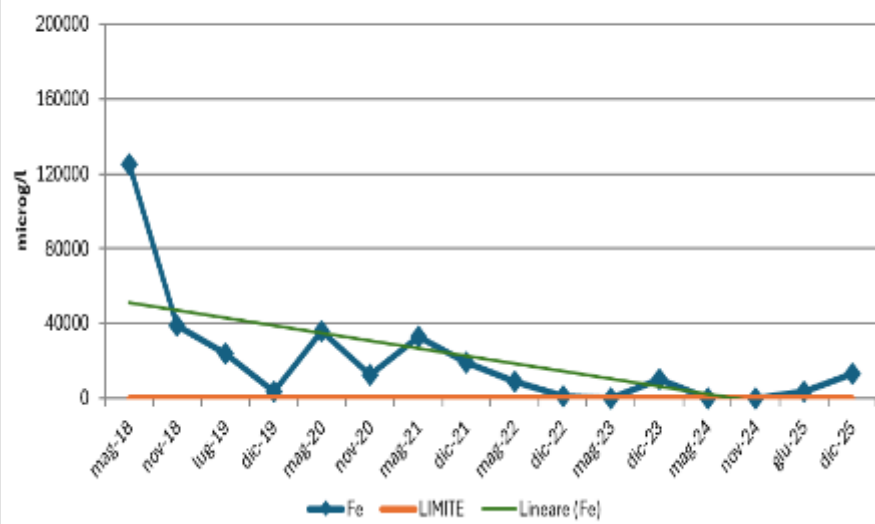
PZ S6 - Andamento Arsenico



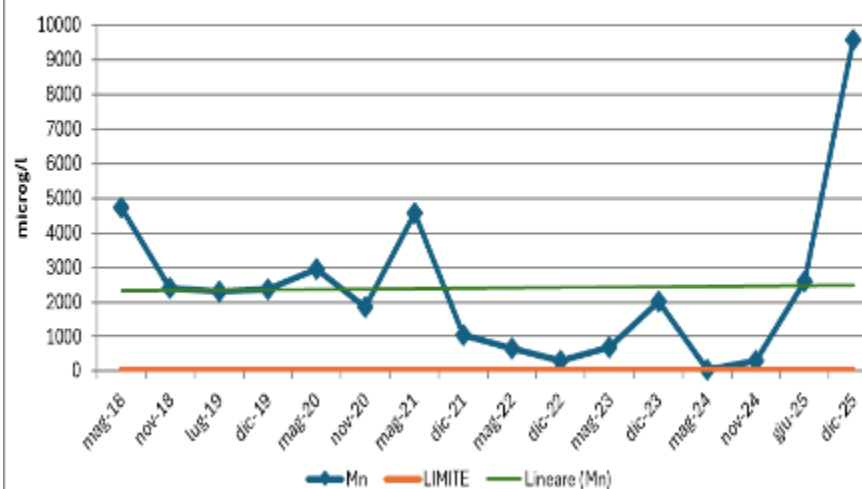
Pz S6 - Andamento Cobalto



PZ S6 - Andamento Ferro

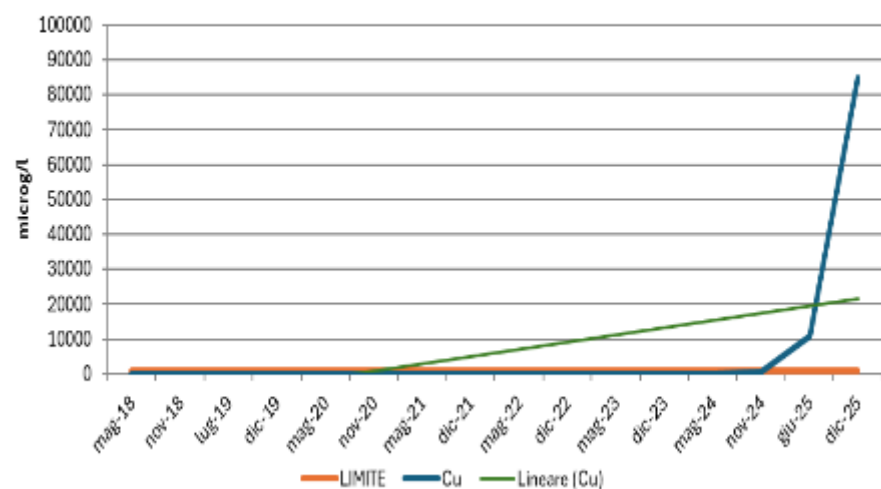


Pz S6 - Andamento Manganese

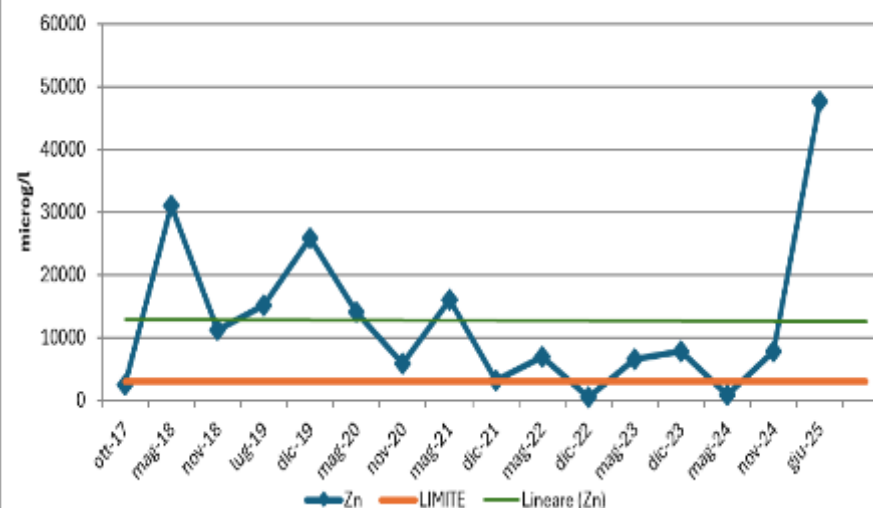




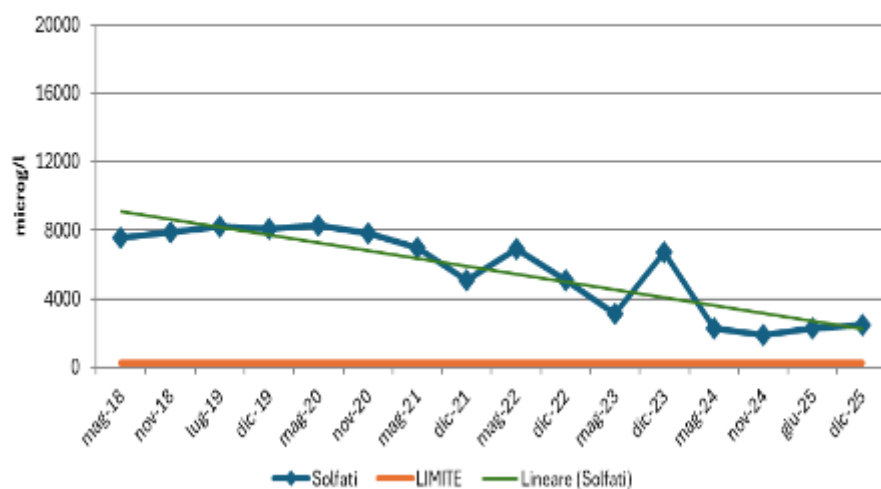
Pz S6 - Andamento Rame



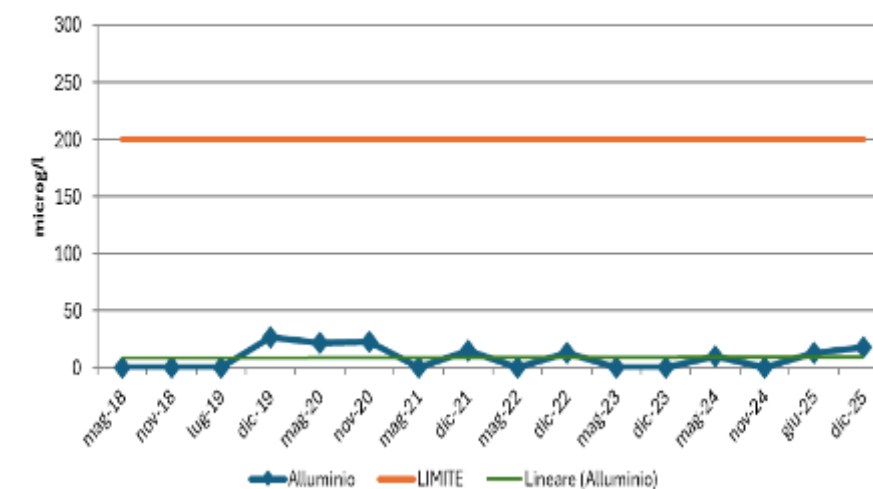
Pz S6 - Andamento Zinco



Pz S6P - Andamento Solfati

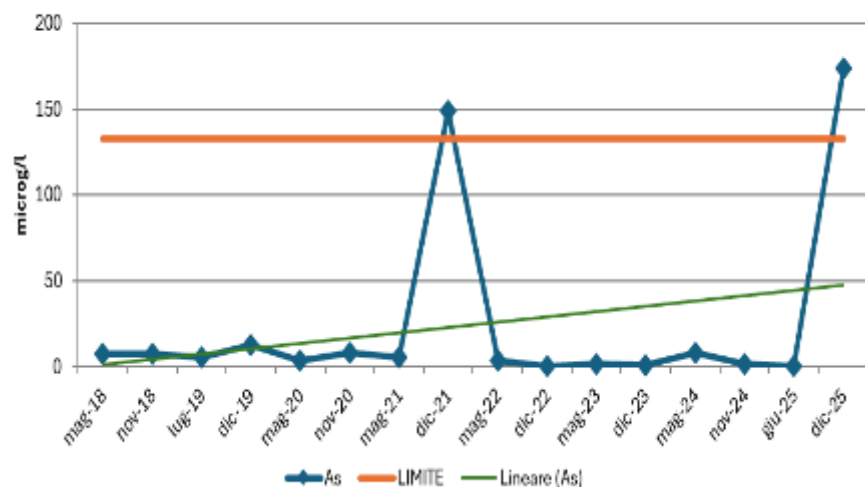


Pz S6P - Andamento Alluminio

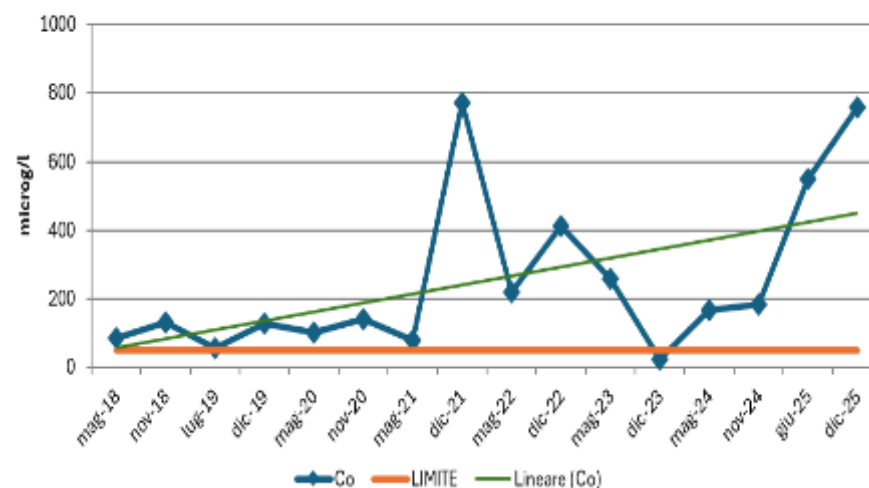




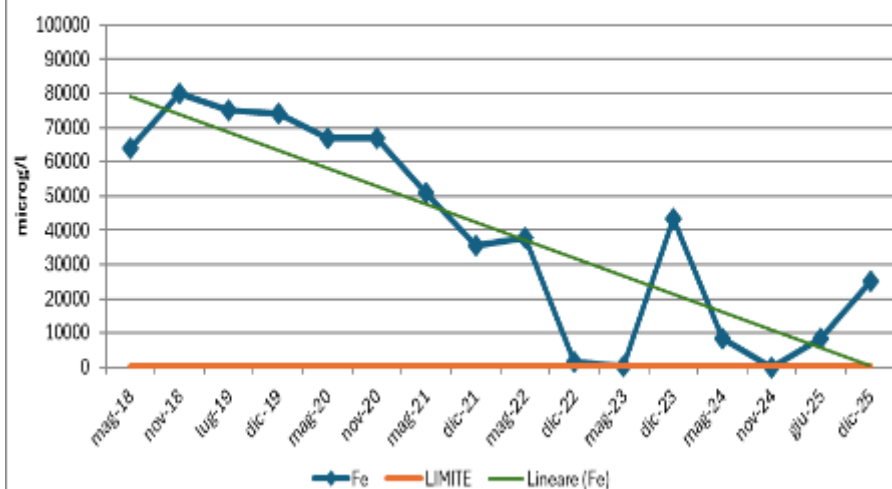
Pz S6P - Andamento Arsenico



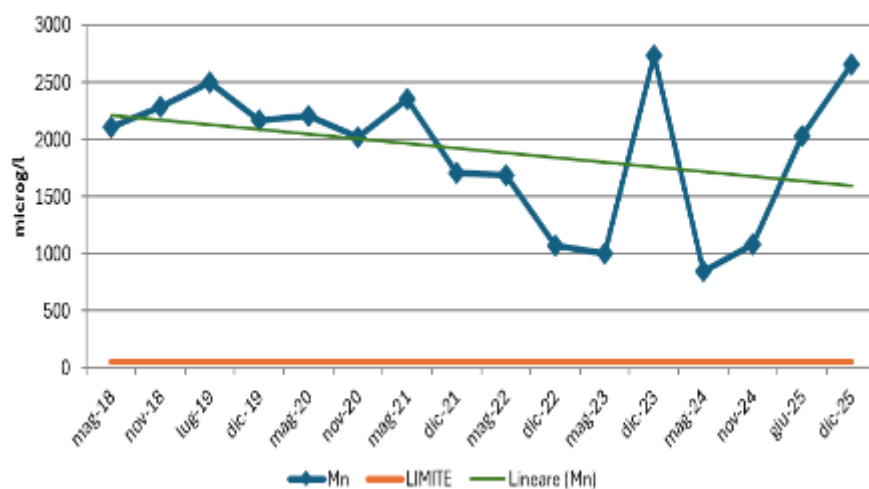
Pz S6P - Andamento Cobalto



Pz S6P - Andamento Ferro

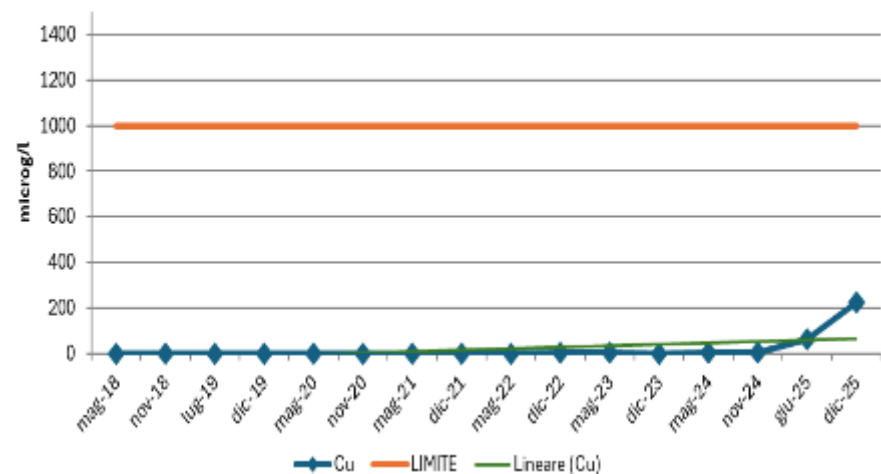


Pz S6P - Andamento Manganese

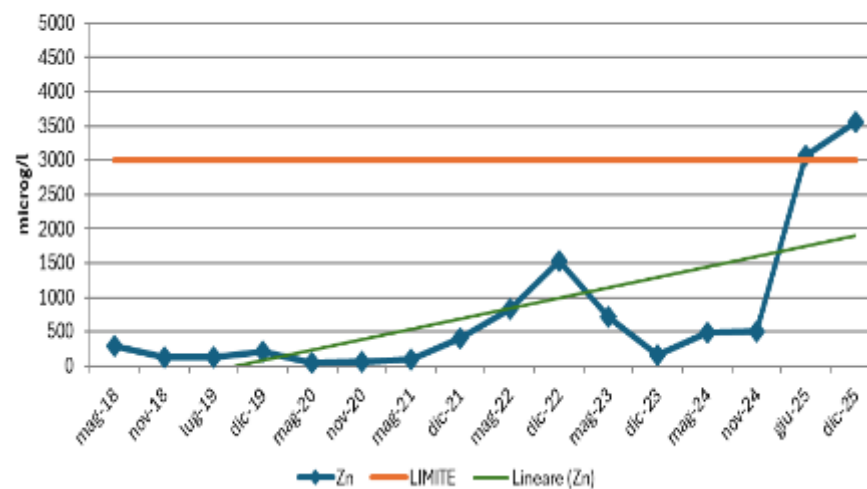




Pz S6P - Andamento Rame



Pz S6P - Andamento Zinco



Piezometri esterni al deposito e a valle rispetto alla direzione di falda

Piezometro A1

Parametri	U.M.	LIMITI	mag-18	nov-18	lug-19	dic-19	mag-20	nov-20	mag-21	dic-21	mag-22	dic-22	mag-23	dic-23	mag-24	nov-24	giu-25	dic-25
Conducibilità elettrica a 20°C			2150	2120					2200	1810	1900	3600	1780	2000	1870	2700	1850	3200
Potenziale redox			255	129											-86	-1,6	73,6	132
pH			6,78	6,69					6,66	6,93	6,77	6,73	6,44	6,12	6,78	6,82	6,82	6,83
Cloruri	mg/l		276	273	237	280	326	286	430	310	320	250	270	250	290	550	380	590
Solfati	mg/l	250	0,6	< RL	0,49	< RL	11,9	0,515	67	4,5	9,5	290	3,8	<0,1	41	27	50	75
Alluminio	microg/l	200	< RL	< RL	<RL	160	< RL	< RL	<10	10,4	12	<10	<10	11,8	<10	16,6	31,6	<10
As	microg/l	133	21,1	22,2	15,4	15,4	10,6	17,5	5,96	21,4	9,9	12,3	21,2	35,1	49,7	2,76	3,89	2,08
Cd	microg/l	5	< RL	< RL	<RL	< RL	< RL	< RL	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Co	microg/l	50	< RL	< RL	<RL	< RL	< RL	< RL	6,57	<0,5	0,83	0,552	0,69	<0,5	<0,5	<0,5	3,39	0,81
Fe	microg/l	200	2.550	2.970	2510	2.600	2.310	2.450	2.100	5.800	6.100	7.900	2.560	4580	4210	101	311	115
Mn	microg/l	50	133	154	161	146	171	136	880	185	193	810	176	264	197	163	343	244
Hg	microg/l	1	< RL	< RL	<RL	< RL	< RL	< RL	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Ni	microg/l	20	< RL	< RL	<RL	< RL	< RL	< RL	3,77	1,28	2,9	1,66	1,75	1,28	1,05	2,36	4,43	3,31
Pb	microg/l	10	< RL	< RL	<RL	< RL	< RL	< RL	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Cu	microg/l	1000	< RL	4,5	<RL	<RL	< RL	< RL	<1	<1	<1	<1	3,48	<0,001	1,33	2,05	1,7	2,71
Zn	microg/l	3000	6,7	6,9	<RL	6,3	5,8	< RL	8,3	7,6	11,4	15,5	10,9	4,33	16,4	3,63	12,9	<20

Piezometro A2S

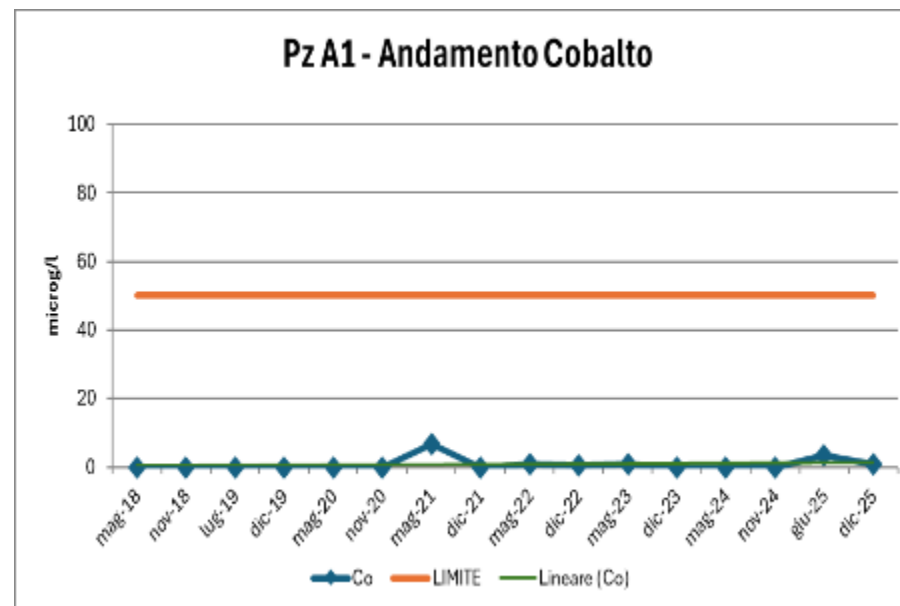
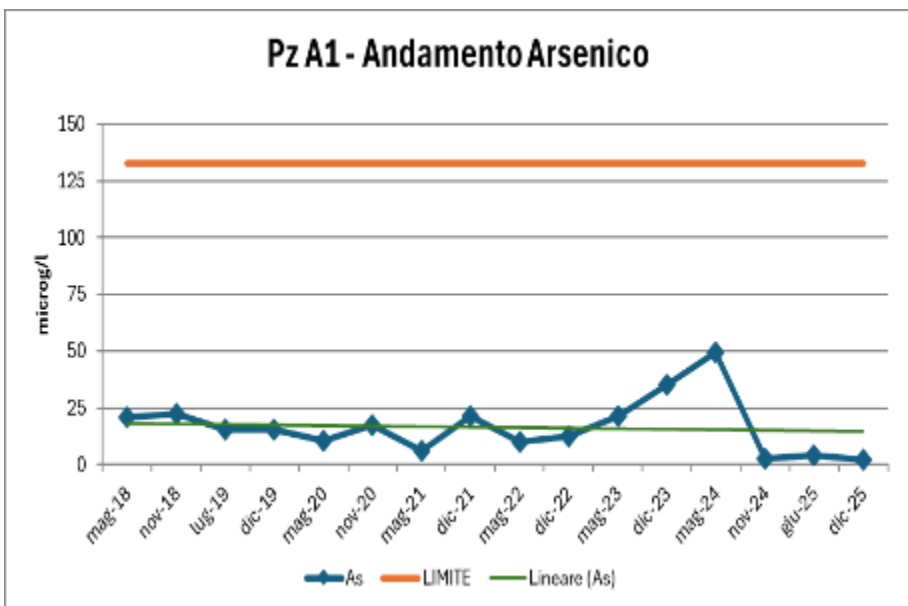
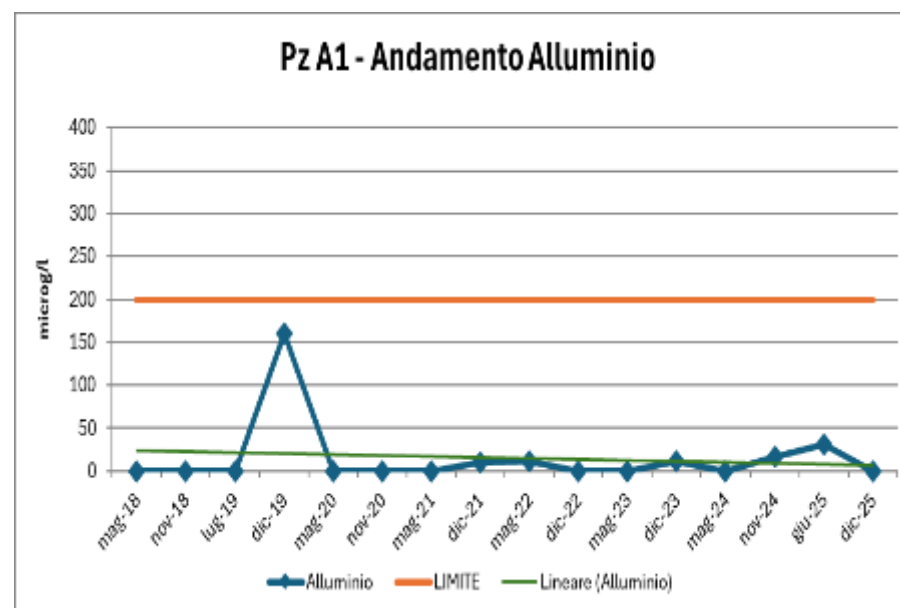
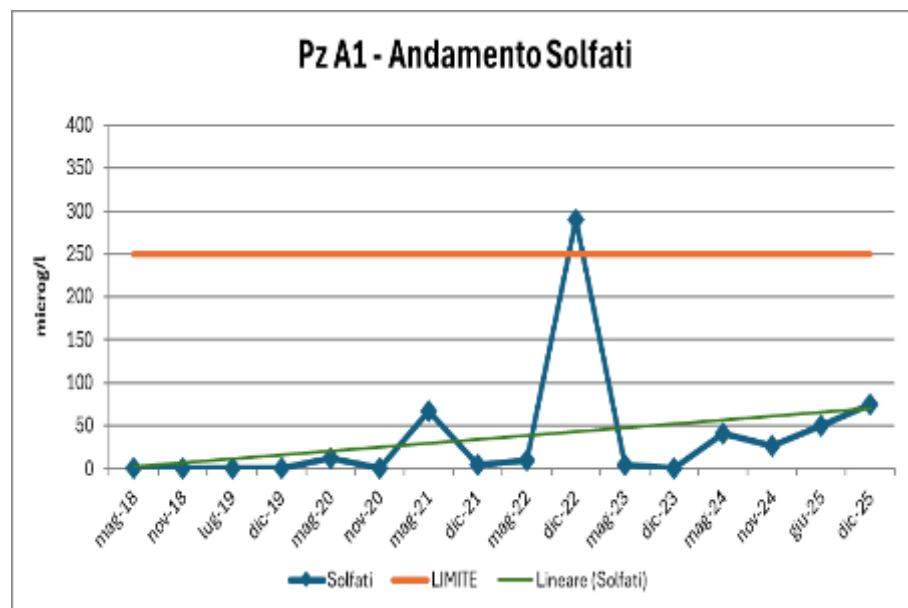
Parametri	U.M.	LIMITI	mag-18	nov-18	lug-19	dic-19	mag-20	nov-20	mag-21	dic-21	mag-22	dic-22	mag-23	dic-23	mag-24	nov-24	giu-25	dic-25
Conducibilità elettrica a 20°C			2080	5000					4100	2100	4700	4100	4248	1750	6500	6700	2100	3600
Potenziale redox			225	146											-58,4	-30,3	-89	118
pH			6,84	6,54					6,54	6,77	6,62	6,67	6,46	6,45	6,57	6,63	6,59	6,83
Cloruri	mg/l		71	71	63	75	79	64,8	73	66	74	2,1	76	68	68	47	97	65
Solfati	mg/l	250	175,0	2.940,0	43,3	2850	3.370	3.130	2.000	2.500	3.100	2.500	2.900	1.030	5000	1600	640	1900
Alluminio	microg/l	200	< RL	< RL	< RL	77	45	< RL	10,2	<10	<10	45	<10	<10	<10	36,6	20,7	<10
As	microg/l	133	14,5	4,9	10,8	3,25	1,5	3,2	2,39	5,09	3,65	6,03	4,38	2,09	3,91	<1	1,4	1,92
Cd	microg/l	5	< RL	< RL	< RL	< RL	< RL	< RL	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Co	microg/l	50	0,5	0,56	< RL	0,55	1,63	0,87	2,16	0,77	1,83	0,609	0,73	0,559	0,521	<0,5	<0,5	0,83
Fe	microg/l	200	2.280	17.000	1540	8800	6.020	11.900	2.800	12.600	15.600	7.900	14.300	3.090	48600	419	1020	116
Mn	microg/l	50	238	2.550	189	1570	2.510	2.390	1.590	1.660	1.770	1.510	2.200	569	3320	211	538	232
Hg	microg/l	1	< RL	< RL	< RL	< RL	< RL	< RL	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Ni	microg/l	20	< RL	1,9	< RL	1,59	3,4	2,98	2,11	2,11	42,5	1,63	1,4	<1	<1	1,03	<1	3,07
Pb	microg/l	10	< RL	< RL	< RL	< RL	< RL	< RL	<1	<1	6,15	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Cu	microg/l	1000	< RL	< RL	< RL	< RL	1,67	< RL	<1	<1	8,6	6,5	<1	<0,001	2,32	4,14	3,28	2,78
Zn	microg/l	3000	9,3	6,5	< RL	< RL	22,9	< RL	7,4	10,2	4,86	14	6,7	8,9	13,2	11	8,7	<20

Piezometro A2P

Parametri	U.M.	LIMITI	mag-18	nov-18	lug-19	dic-19	mag-20	nov-20	mag-21	dic-21	mag-22	dic-22	mag-23	dic-23	mag-24	nov-24	giu-25	dic-25
Conducibilità elettrica a 20°C			6020	1750					2000	920	1760	1690	1849	1780	1700	2400	6400	2900
Potenziale redox			303	127											-56	-19,4	-71,8	111
pH			6,57	6,78					6,57	7,43	6,81	7,11	6,83	6,36	6,71	7,14	6,43	7,02
Cloruri	mg/l		91	58	72	63	69	63,9	59	35	66	69	75	68	64	62	66	54
Solfati	mg/l	250	3550	144	4120	10,1	392	278	710	180	68	26	210	28	87	1100	5700	1400
Alluminio	microg/l	200	< RL	< RL	< RL	217	< RL	76	<10	<10	14,2	27,7	<10	25,2	<10	28,1	42,7	<10
As	microg/l	133	6,4	26,9	5,4	8	9,5	7,1	1,64	4,31	2,24	2,1	1,99	5,57	3,5	1,49	4,01	<1
Cd	microg/l	5	< RL	< RL	< RL	< RL	< RL	< RL	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Co	microg/l	50	0,51	< RL	0,51	0,6	0,65	0,59	1,14	0,555	0,624	0,622	0,75	0,537	0,565	<0,5	<0,5	<0,5
Fe	microg/l	200	28.200	1.590	27900	2040	1.590	1.000	65,9	250	5.000	1.850	1.170	528	2430	60,1	35000	40,4
Mn	microg/l	50	3.140	127	3530	191	321	273	378	186	430	345	410	336	224	136	2790	19,3
Hg	microg/l	1	< RL	< RL	< RL	< RL	< RL	< RL	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,061	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Ni	microg/l	20	1,07	1,07	1,17	< RL	< RL	1	<1	1,05	8,9	<1	<1	<1	<1	<1	1,01	2,66
Pb	microg/l	10	< RL	< RL	< RL	< RL	< RL	< RL	<1	1,99	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Cu	microg/l	1000	< RL	< RL	< RL	< RL	< RL	< RL	<1	1,64	2,24	1,35	<1	0,00122	<1	4,03	<1	3,46
Zn	microg/l	3000	12,3	5,6	5,8	8,3	5,9	7,2	12,8	7,8	8,5	10,3	6,1	6,3	10,2	12,8	12,3	<20

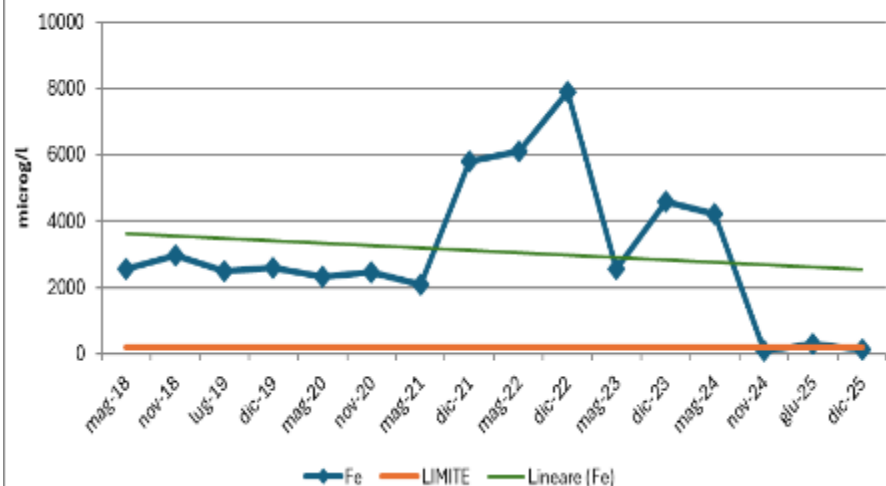
Piezometro A3

Parametri	U.M.	LIMITI	mag-18	nov-18	lug-19	dic-19	mag-20	nov-20	mag-21	dic-21	mag-22	dic-22	mag-23	dic-23	mag-24	nov-24	mag-25	dic-25
Conducibilità elettrica a 20°C			1136	988					910	970	1060	490	678	900	800	850	780	940
Potenziale redox			164	234											18,6	-14,2	-44,9	-5,1
pH			7,1	7,03					6,1	6,62	6,87	7,17	6,88	6,7	7,09	7,05	6,96	6,91
Cloruri	mg/l		43,2	27,2	35,8	26,4	48,6	47,1	40	51	50	21	25	38	23	40	47	43
Solfati	mg/l	250	163	84	92	81	114	103	79	130	210	110	47	66	51	49	46	50
Alluminio	microg/l	200	< RL	34	< RL	25	81	44	<10	<10	11,8	17,5	49,3	<10	11,8	13,8	50	23,8
As	microg/l	133	3,19	6,9	6,3	2,79	6,6	6,7	3,44	12,4	15,4	8,3	4,32	4,04	2,23	5,25	4,91	3,47
Cd	microg/l	5	< RL	< RL	< RL	< RL	< RL	< RL	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Co	microg/l	50	0,85	0,79	1,04	< RL	1,43	0,72	33,2	1,75	2,52	0,92	1,1	0,68	<0,5	<0,5	1,22	<0,5
Fe	microg/l	200	383	541	770	251	1.090	800	970	12.400	44.500	1.790	1.250	3.560	61,5	320	1130	630
Mn	microg/l	50	408	145	324	80	690	274	442	448	700	134	180	340	13,7	128	592	139
Hg	microg/l	1	< RL	< RL	< RL	< RL	< RL	< RL	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Ni	microg/l	20	3,04	2,09	3,98	1,92	4,47	5,6	4,31	4,83	5,07	3,65	3,43	4,08	1,33	5,65	5,14	4,14
Pb	microg/l	10	< RL	< RL	< RL	< RL	< RL	1,13	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Cu	microg/l	1000	< RL	2,77	1,18	1,24	< RL	3,46	<1	1,11	1,44	3,19	5,45	<0,001	3,97	1,68	4,66	2,95
Zn	microg/l	3000	5,9	11,5	< RL	< RL	6,3	23,9	58	29,8	65	13,4	9,2	5,5	5,5	5,9	17,4	<20

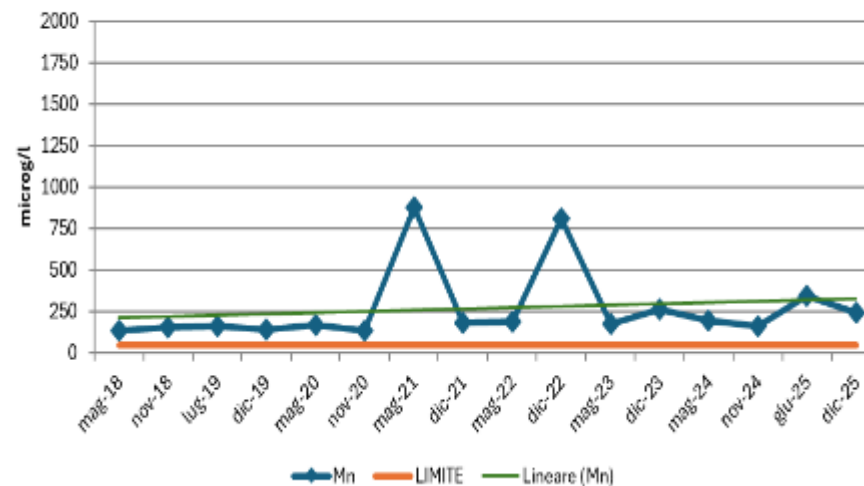




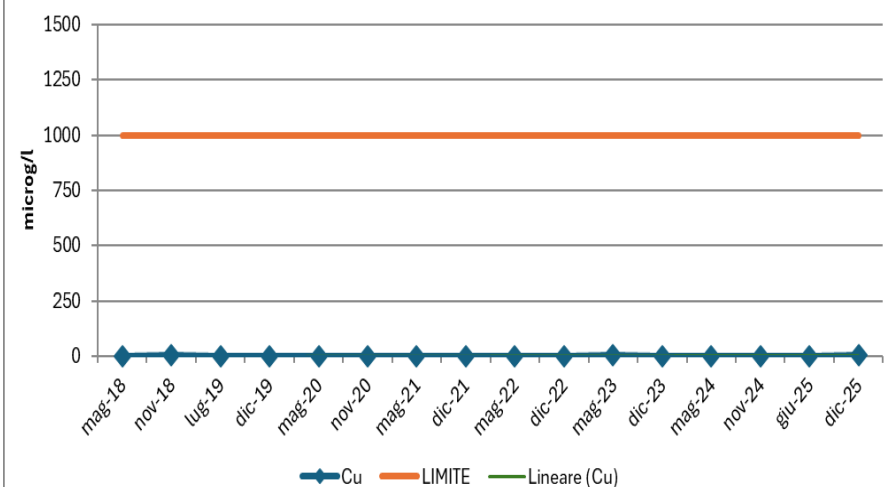
Pz A1 - Andamento Ferro



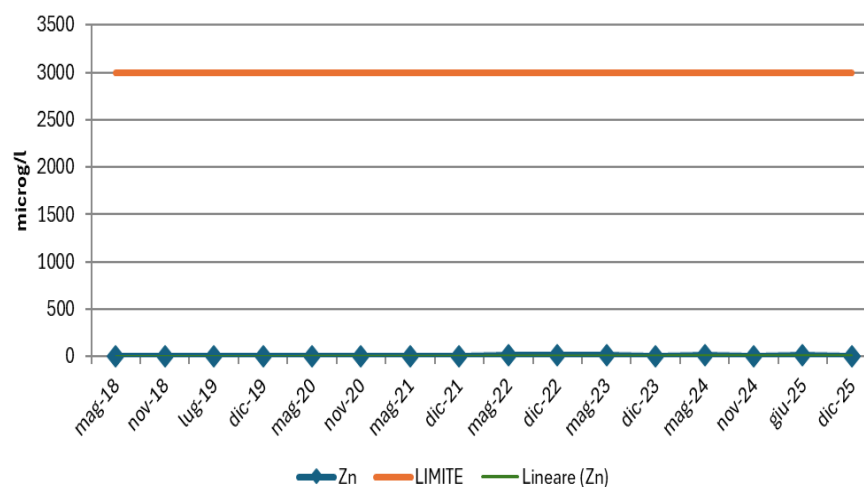
Pz A1 - Andamento Manganese



Pz A1 - Andamento Rame

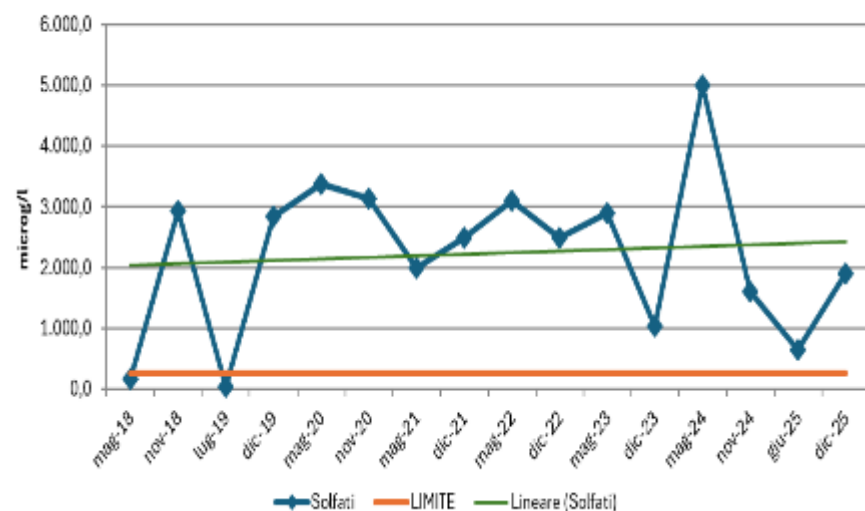


Pz A1 - Andamento Zinco

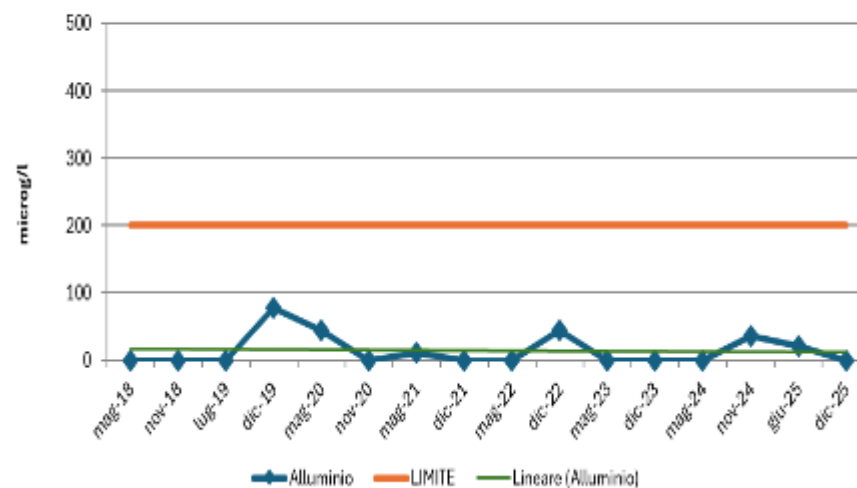




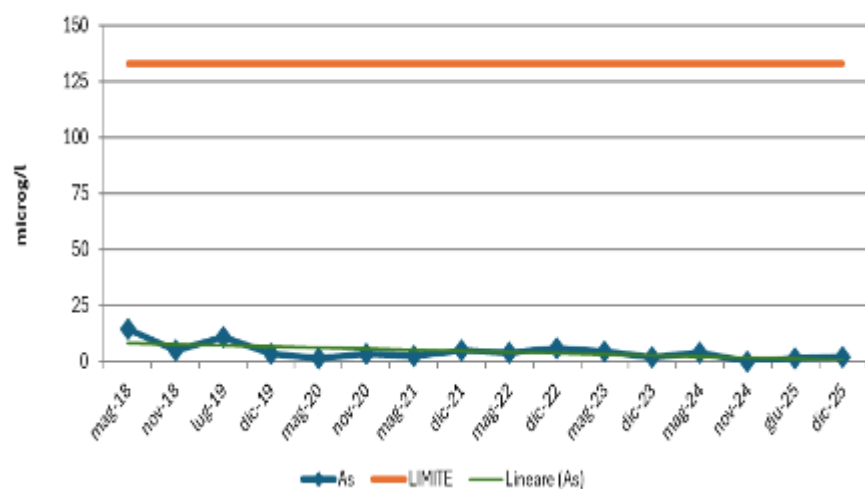
Pz A2 - Andamento Solfati



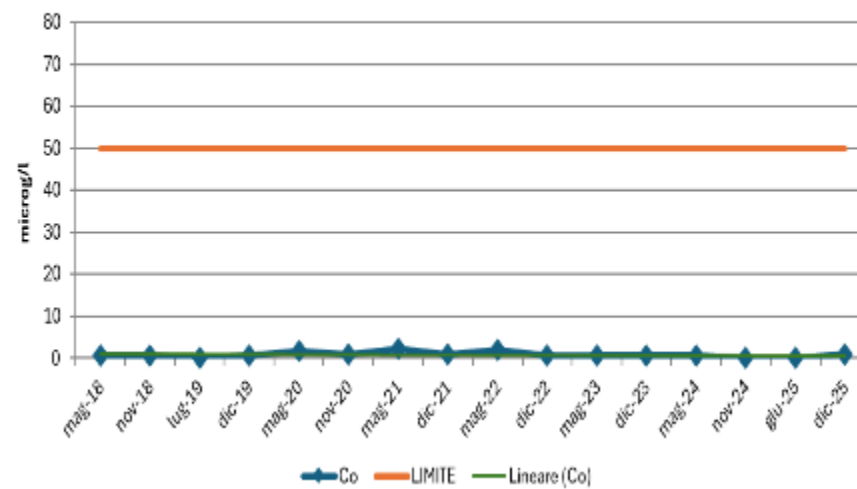
Pz A2 - Andamento Alluminio



Pz A2 - Andamento Arsenico

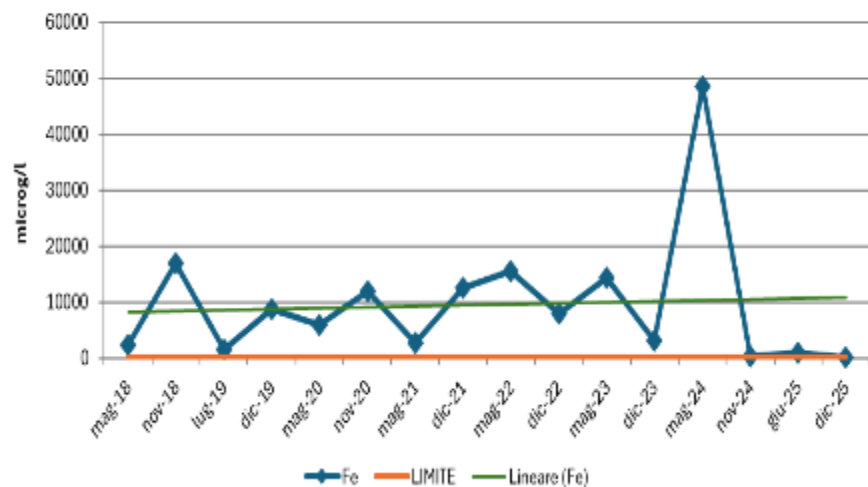


Pz A2 - Andamento Cobalto

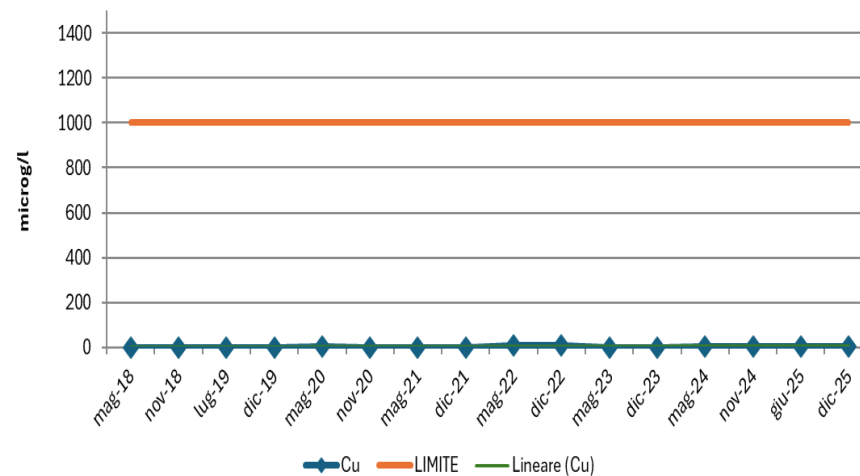




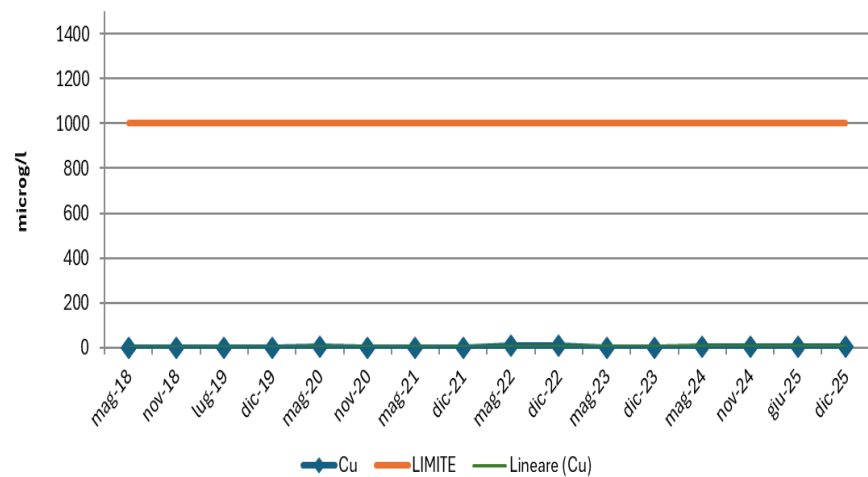
Pz A2 - Andamento Ferro



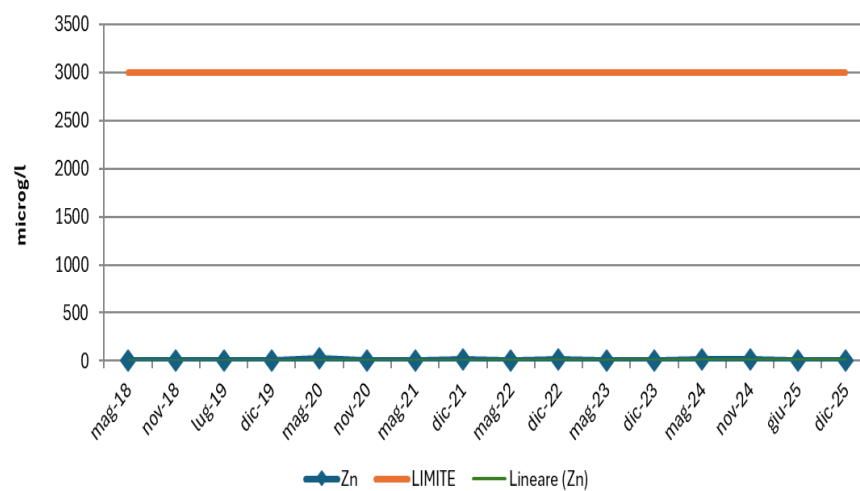
Pz A2 - Andamento Rame



Pz A2 - Andamento Rame

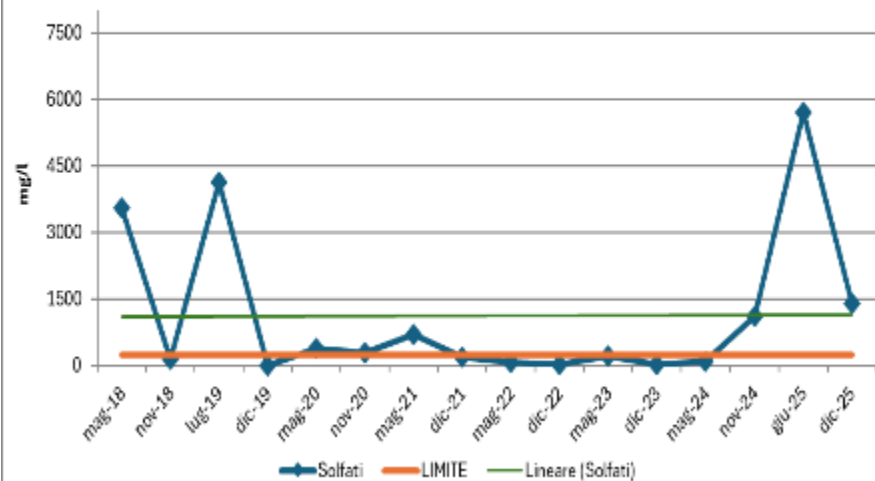


Pz A2 - Andamento Zinco

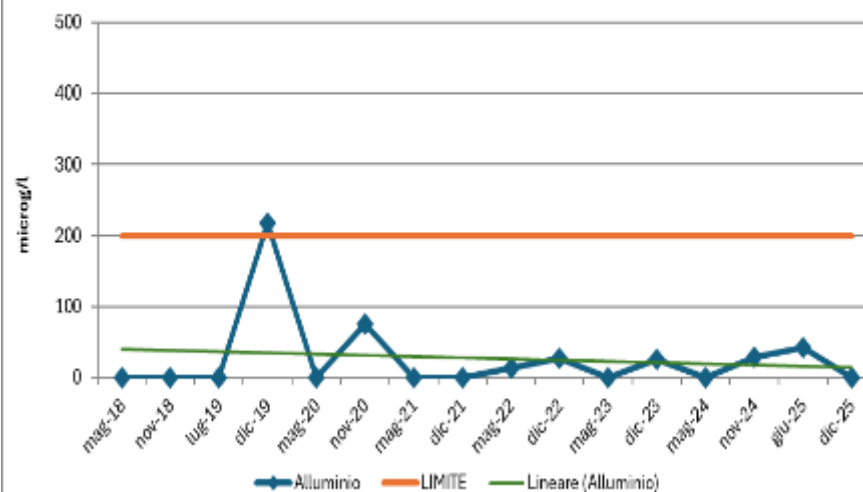




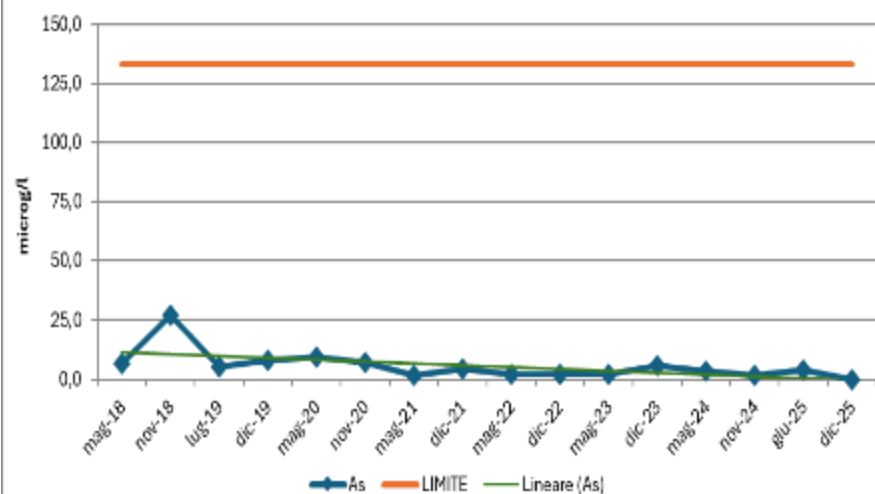
Pz A2P - Andamento Solfati



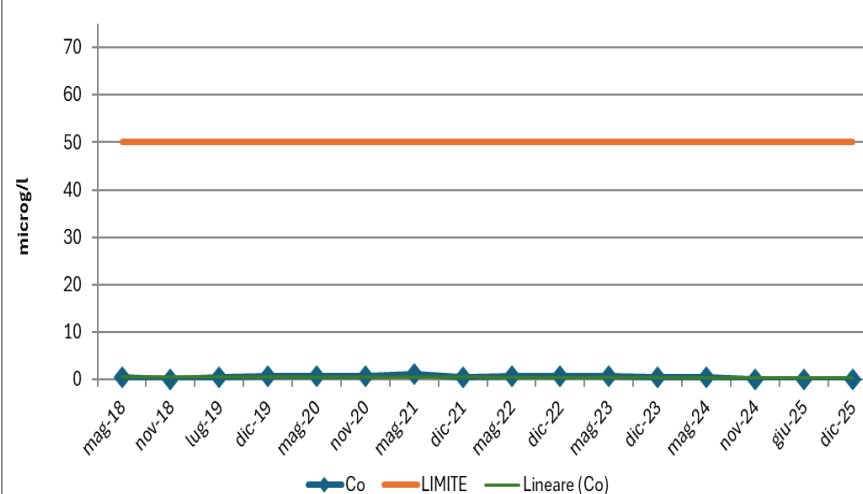
Pz A2P - Andamento Alluminio



Pz A2P - Andamento Arsenico

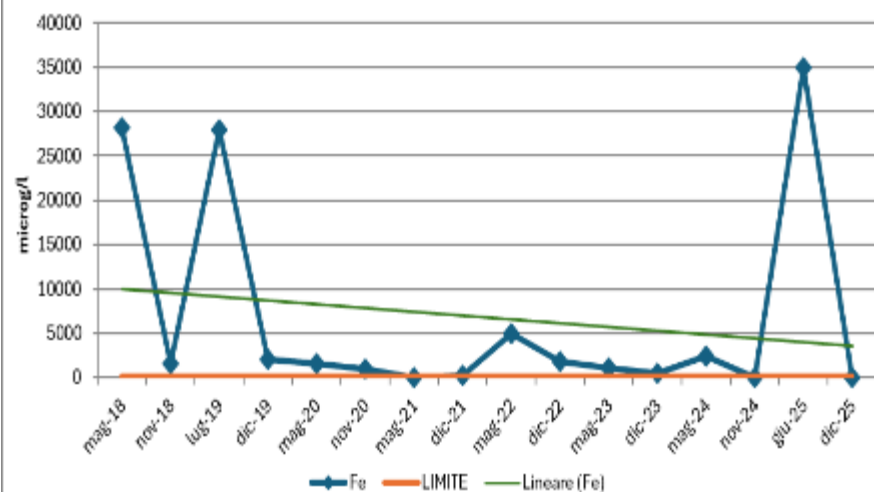


Pz A2P - Andamento Cobalto

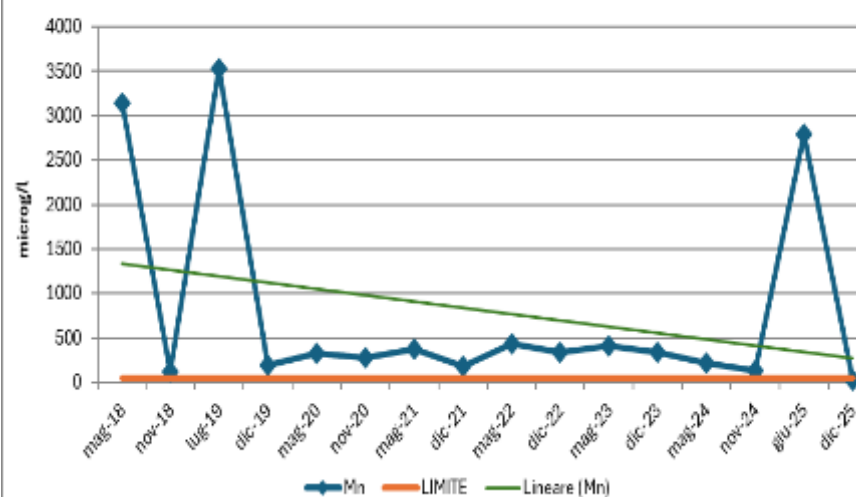




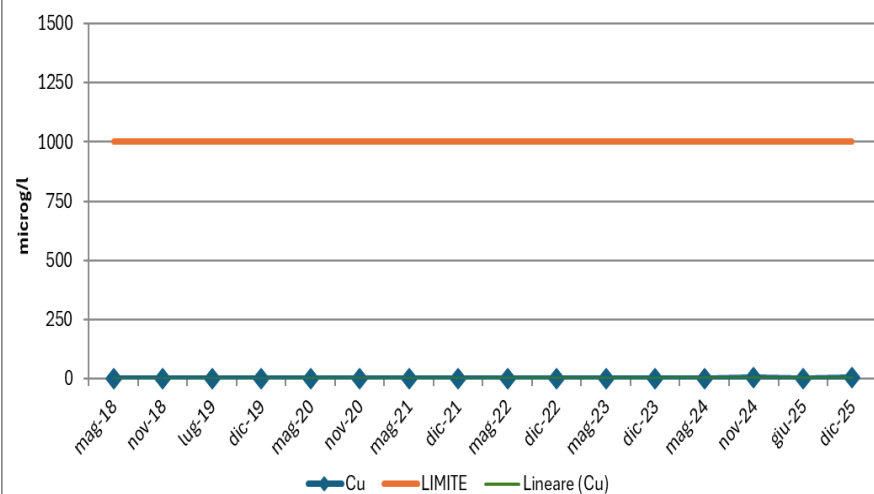
Pz A2P - Andamento Ferro



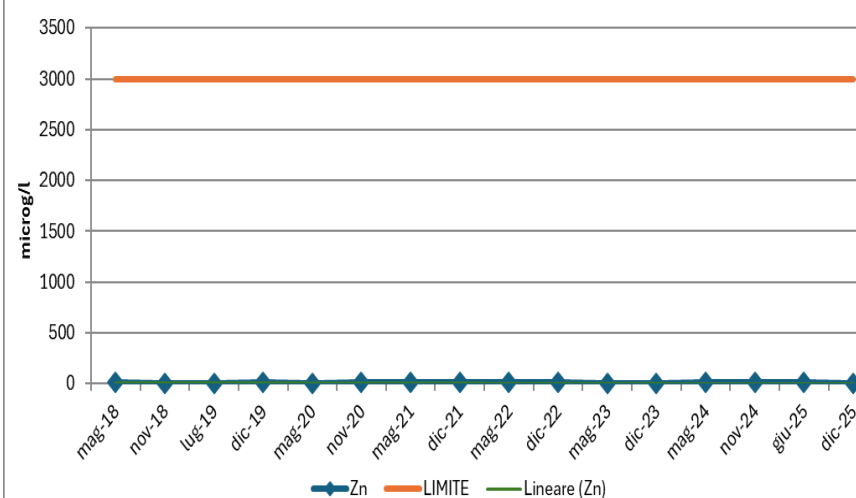
Pz A2P - Andamento Manganese



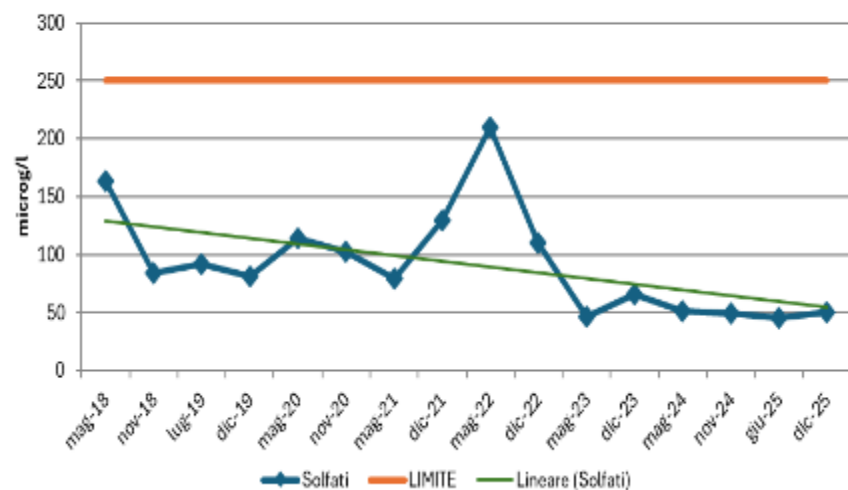
Pz A2P - Andamento Rame



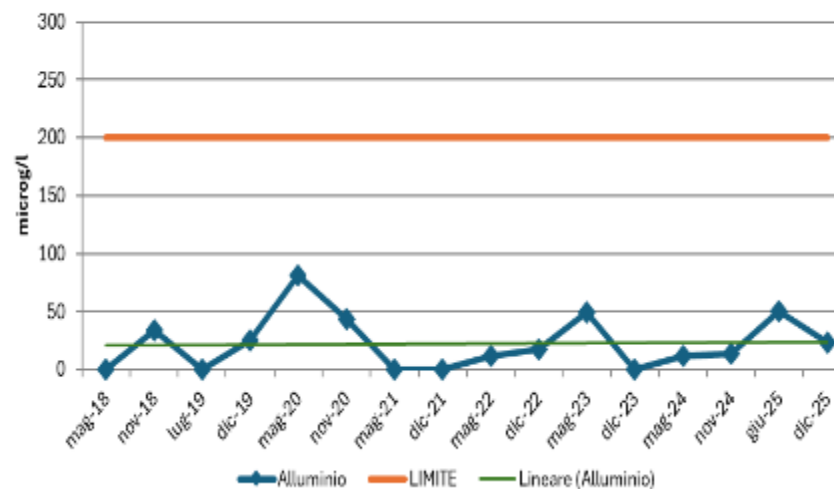
Pz A2P - Andamento Zinco



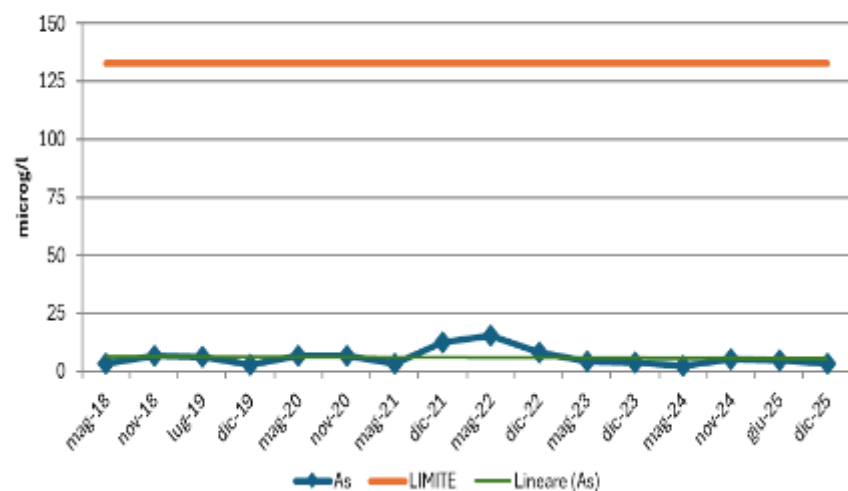
Pz.A3 - Andamento Solfati



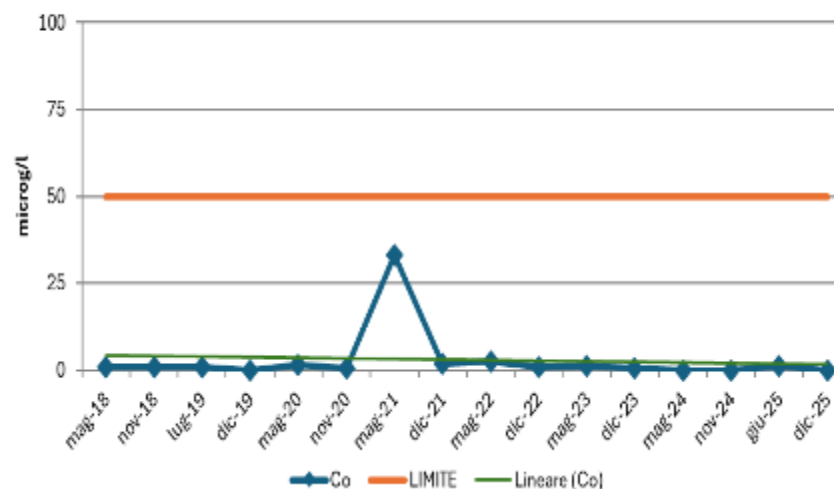
Pz.A3 - Andamento Alluminio



Pz.A3 - Andamento Arsenico

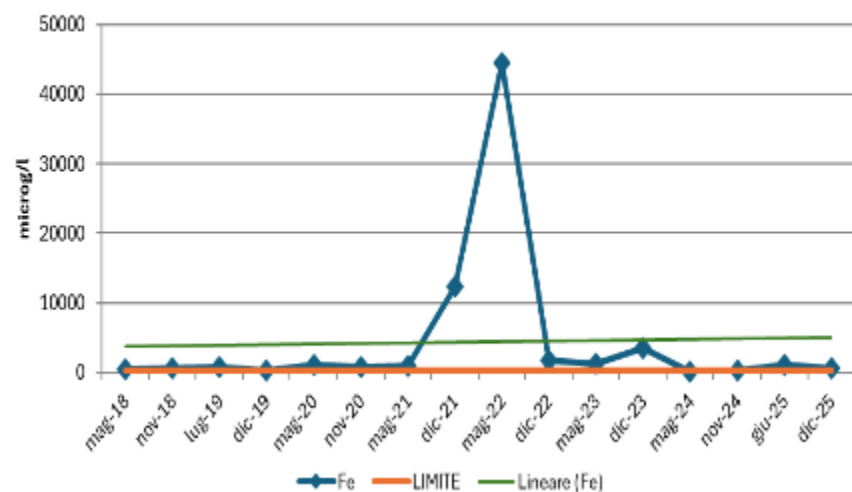


Pz.A3 - Andamento Cobalto

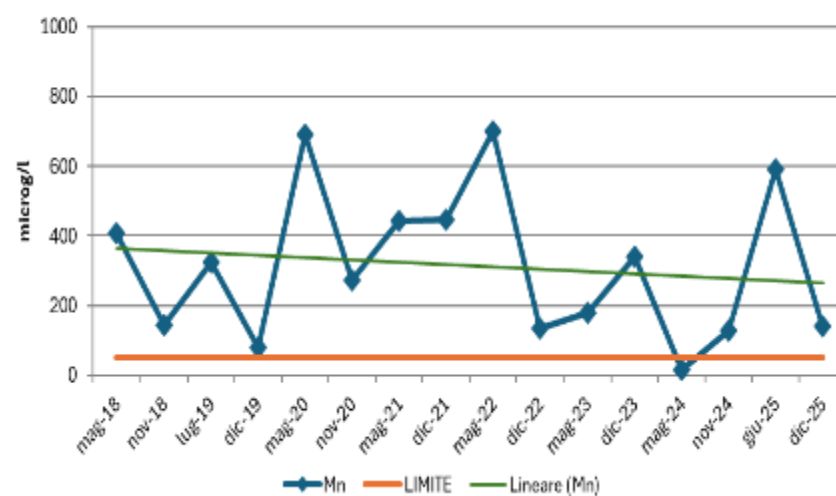




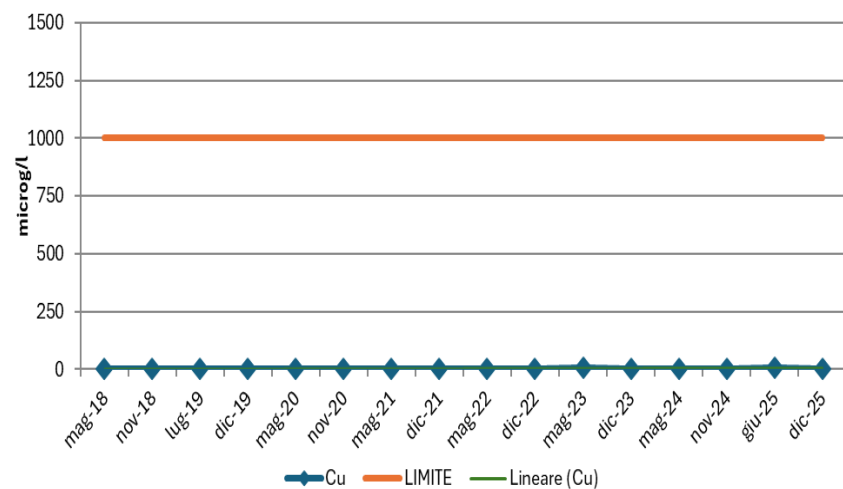
Pz.A3 - Andamento Ferro



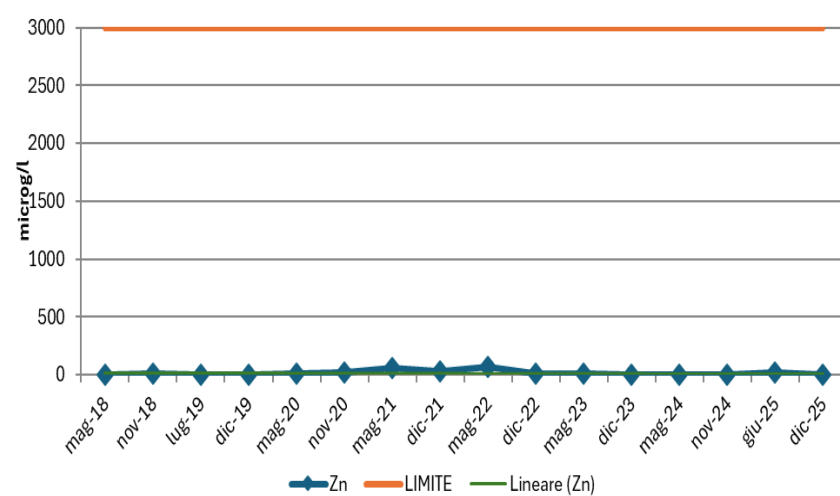
Pz.A3 - Andamento Manganese



Pz.A3 - Andamento Rame



Pz.A3 - Andamento Zinco



Considerazioni:

- 1) I piezometri a monte riscontrano dei valori di concentrazione di As mediamente superiore al VS con un valore medio pari a 152 microg/l.
- 2) Nei piezometri interni al deposito, tralasciando i piezometri S6 e S6P di cui si discuterà successivamente, l'As è presente in concentrazioni rilevanti solamente nel piezometro S2 che si trova nella zona di monte del deposito a ridosso della S.S. Romea. Negli altri piezometri l'arsenico è presente in concentrazioni inferiori al VS.
- 3) Nei piezometri a valle del deposito il valore di As è sempre inferiore al VS.
- 4) I piezometri S6 e S6P, realizzati nel 2017, all'interno del deposito, nel lato est del deposito presentano un profilo analitico non in linea con gli altri 13 piezometri posizionati all'interno del sito, pertanto, è necessario un maggiore approfondimento sulla loro realizzazione e non possono essere considerati rappresentativi della situazione attuale non trovando riscontro sui valori misurati negli altri piezometri.
- 5) Stesse considerazioni si possono fare anche per il piezometro S4S, posizionato a nord ovest del deposito, interno a questo e vicino al confine con la S.S. Romea.
- 6) Tutti i piezometri, interni ed esterni al sito evidenziano la presenza di Fe e Mn nella matrice acque sotterranee in concentrazioni rilevanti; i 2 piezometri a valle del sito A2 e A2P evidenziano la presenza di solfati in concentrazioni rilevanti mentre negli altri due piezometri la concentrazione si riduce di un ordine di grandezza.
- 7) Escludendo per le ragioni sopra esposte i piezometri S6 e S6P risulta che la rete piezometrica utilizzata ha circa 20-30 anni e pertanto potrebbe essere utile sostituirla con una nuova rete che vada ad intercettare la falda solo a monte e a valle del sito senza andare ad innestare piezometri in aree con probabile presenza di CdP e pertanto non rappresentativa della situazione ambientale.
- 8) Si potrebbe valutare di dotare solamente 3 piezometri interni al sito con un data logger per monitorare in continuo il livello di falda e per poter quindi avere contezza di quanto del deposito resta a contatto effettivamente con le acque sotterranee.
- 9) I tre nuovi piezometri a monte potrebbero venire posizionati in una area distante circa 100-150 mt dal deposito, mentre i 3 nuovi piezometri a valle del sito, dovranno essere posizionati a valle del sito in un'area che possa essere accessibile a VRM.

- 10) La rete piezometrica realizzata nel passato prevedeva l'intercettazione di 2 distinte falde, una considerata "superficiale" e una considerata "profonda". Dagli studi effettuati e dai monitoraggi eseguiti negli ultimi anni, come riportato nella relazione PAEM del 2023 già trasmessa, *"nell'area le acque sono sotterranee (almeno fino a meno 10 metri dal p.c. quindi con scarsa differenziazione superficiale e profonde) ma non ancora organizzate in una vera e propria falda freatica strutturata."* Si propone pertanto la realizzazione della nuova rete piezometrica con profondità di 10-12 mt e tratto fessurato tra 5,00 e 8,00 mt.
- 11) La nuova rete piezometrica verrà collaudata con prove di emungimento per accertare che sia stata intercettata la falda "attiva" e non aree occluse.
- 12) L'esatta ubicazione di questa nuova rete piezometrica dovrà essere preventivamente concordata con gli enti competenti.

4. Valutazione della connessione tra le acque sotterranee presenti nell'area del deposito e i corpi idrici sotterranei monitorati ai sensi della parte Terza del D.Lgs. 152/2006. Definizione di un modello di interazione tra le acque sotterranee e le acque superficiali.

Il deposito di ossidi di Fe di Mira (nel Comune di Mira) consiste in una proprietà di c. 8 h localizzata in Via Bastiette e delimitata a NW dalla SS 309 Romea e dalle aree agricole Pivotto e Bartoletto che si trovano a SE e SW, rispettivamente (Fig. 13). Quest'area ha un'altitudine di 1-3 m s.l.m., dista c. 4 km dalla città di Mira e c. 3 km dal distretto industriale di Porto Marghera. Il deposito si trova all'interno dell'unità geo-archeologica denominata Naviglio Brenta – Bacchiglione, che consiste in sedimenti recenti (età olocenica: <10 ka) prodotti dai rami del fiume Brenta. Vicino al deposito si trovano diversi canali artificiali di età storica (Soresina-Finarda, Bondante, idrovia Padova-Venezia, Taglio Nuovissimo, Naviglio).

Dal punto di vista geomorfologico, il deposito si trova all'interno dei delta fluviali che hanno strutturato la laguna di Venezia, che sono formati da depositi di sistemi fluviali, barene (che emergono di 20-50 cm

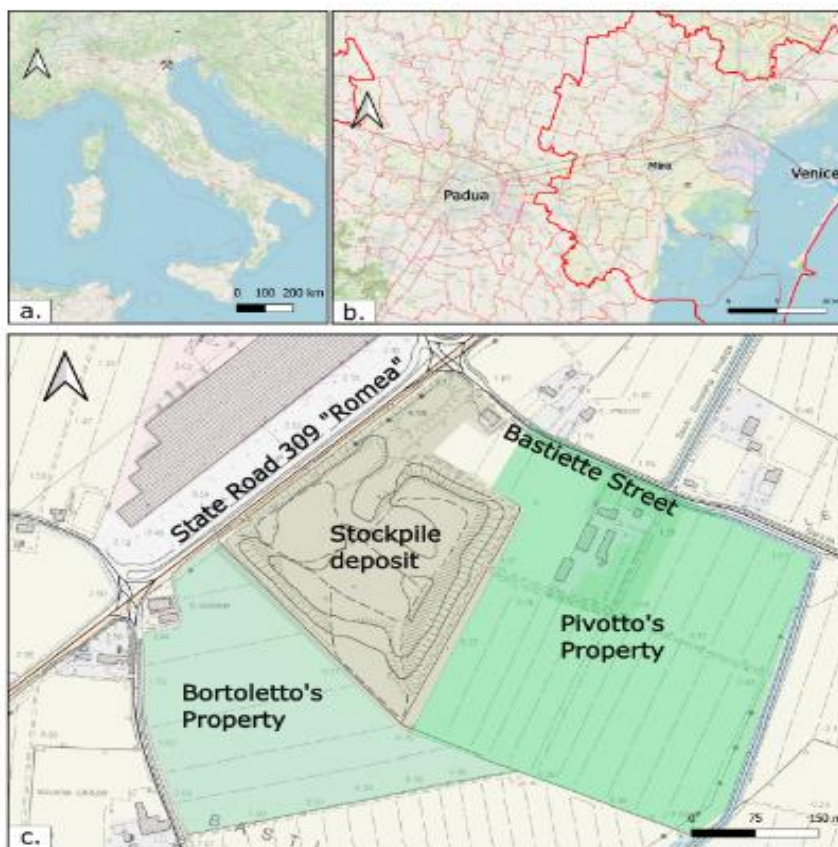


Figura 13. Localizzazione geografica del sito di Mira (a, b) e sue relazioni con le proprietà ed infrastrutture locali (da: Giacomella, 2025).

dal livello del mare durante la bassa marea), piane alluvionali formate dalle esondazioni, e zone di pianura tidale periodicamente sommerse dall'alta marea.

4.1 Caratteristiche stratigrafiche del sito

I sedimenti che formano il sito di Mira appartengono alle Unità Geologiche di Mestre e di Dolo (Bondesan et al., 2008; Bondesan et al., 2011) che sono parte dei sistemi sedimentari costieri costruiti da sedimentazione fluviale.

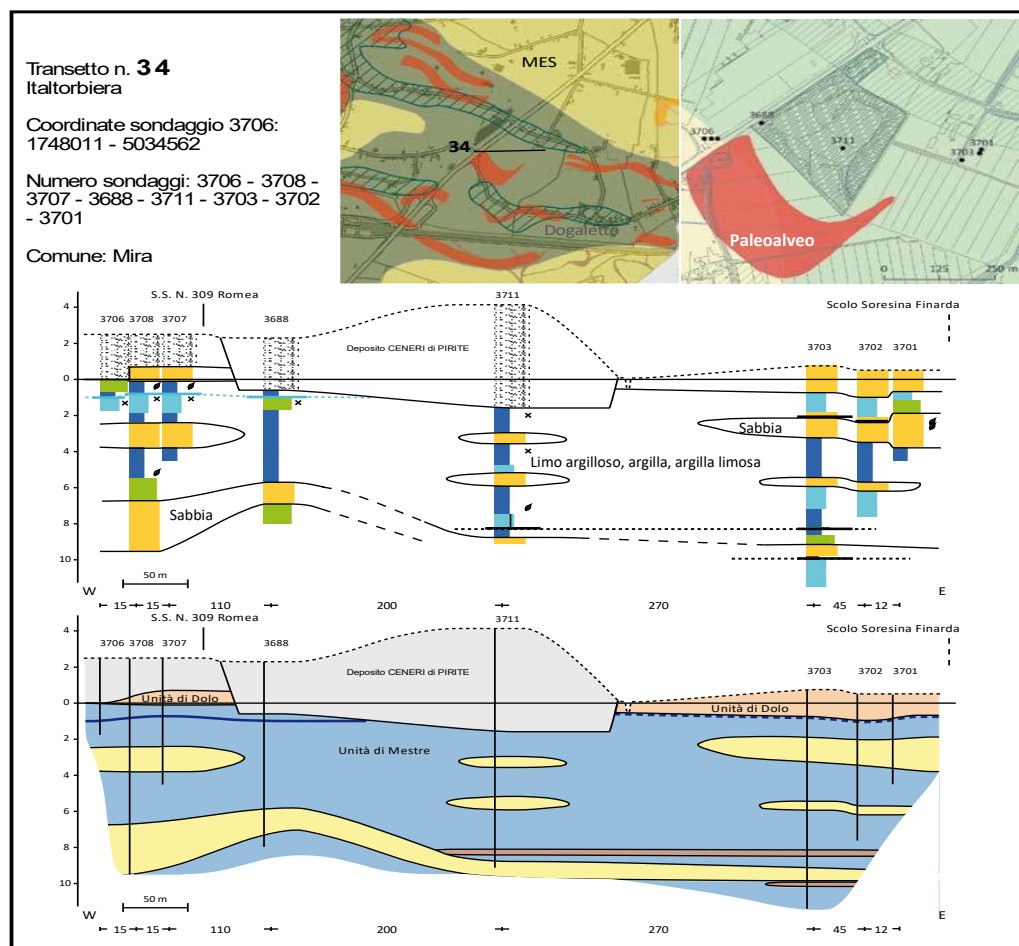


Figura 14. Carta geologica di dettaglio e sezioni geologiche del sito di Mira (transetto 34) in relazione alle Unità Geologiche di Mestre e Dolo (da: Bondesan et al, 2008). Le sezioni geologiche mostrano i dati di sondaggio, l'interpretazione della stratigrafia dell'area, ed i sedimenti prevalenti.

Questi sistemi si sono formati attraverso la migrazione laterale improvvisa (avulsione) di canali fluviali, che ha distribuito radialmente i sedimenti trasportati in vaste aree formando dei grandi corpi sedimentari ("megafan" alluvionali di Fontana et al., 2008). Le Unità di Mestre e di Dolo appartengono al megafan del fiume Brenta, che si estende per 2600 km² e struttura la parte meridionale della laguna. I suoi depositi sono costituiti da sabbie e sabbie limose di canale fluviale, sabbie siltose e silt di argine fluviale e del loro rimaneggiamento (rotta), argille siltose e torbe dei bacini di esondazione, argille limose e limi di piane alluvionali.

L'Unità di Mestre è quella inferiore e più antica, ed è formata da sabbie di canale fluviale e limi/limi argillosi di argine. L'Unità di Dolo, che è di età più recente ed ha uno spessore di c. 2 m nell'area del sito, è formata da sabbie e sabbie limose di canale fluviale e di argine.

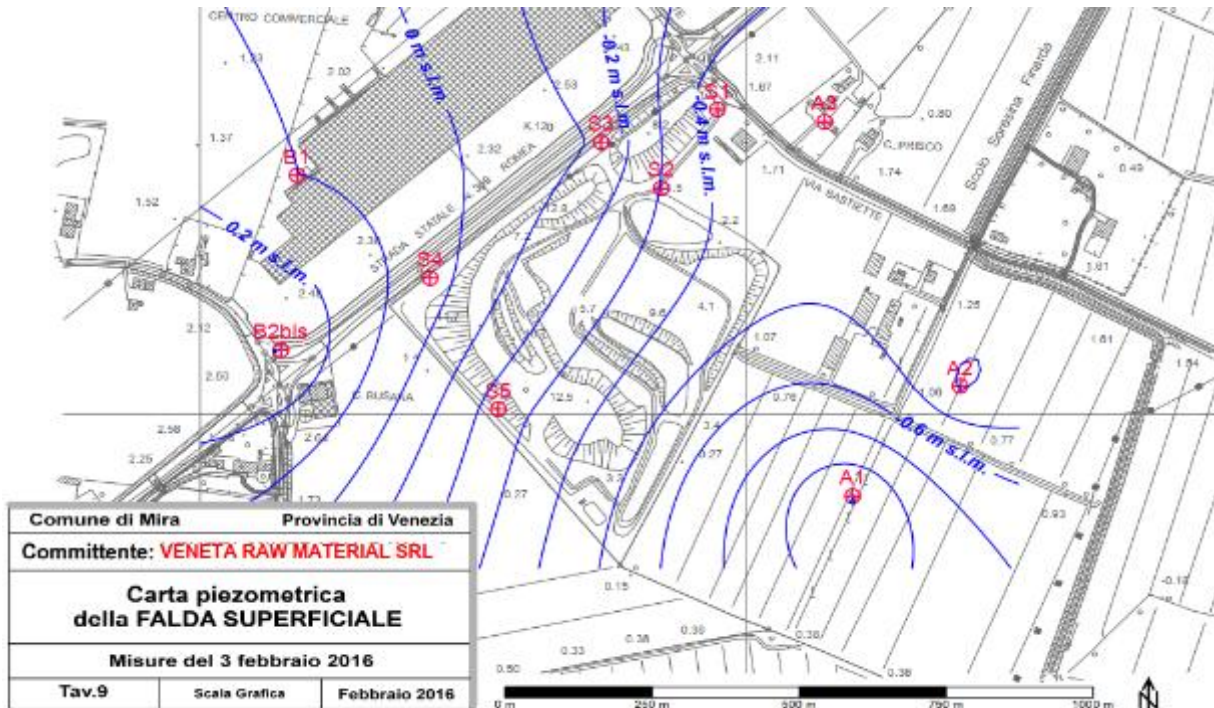


Figura 15. Carta delle isopiezometriche della falda superficiale relative a Febbraio 2016.

La distribuzione dei sedimenti nella zona del deposito è mostrata in Figura 14 (compilata da Giacomella, 2025), che mostra le relazioni tra il deposito di ossidi di Fe (ceneri di pirite) e le unità geologiche ricostruite dai dati delle varie campagne di sondaggio compiute nel corso del tempo. Per una profondità di almeno 10 m dal piano di campagna (p.c.), le ceneri poggiano prevalentemente su limi argillosi, argille ed argille limose dell'Unità di Mestre, ed in misura minore sulle sabbie superficiali dell'Unità di Dolo nelle zone ad E ed W del deposito.

Il gradiente idraulico è molto basso e soprattutto soggetto a significative variazioni di direzione a seconda della stagione. È importante notare che questo deflusso è essenzialmente controllato da due paleoalvei presenti in zona (a NE e SW), che sono stati riconosciuti in un precedente studio del sito (Fig. 17).

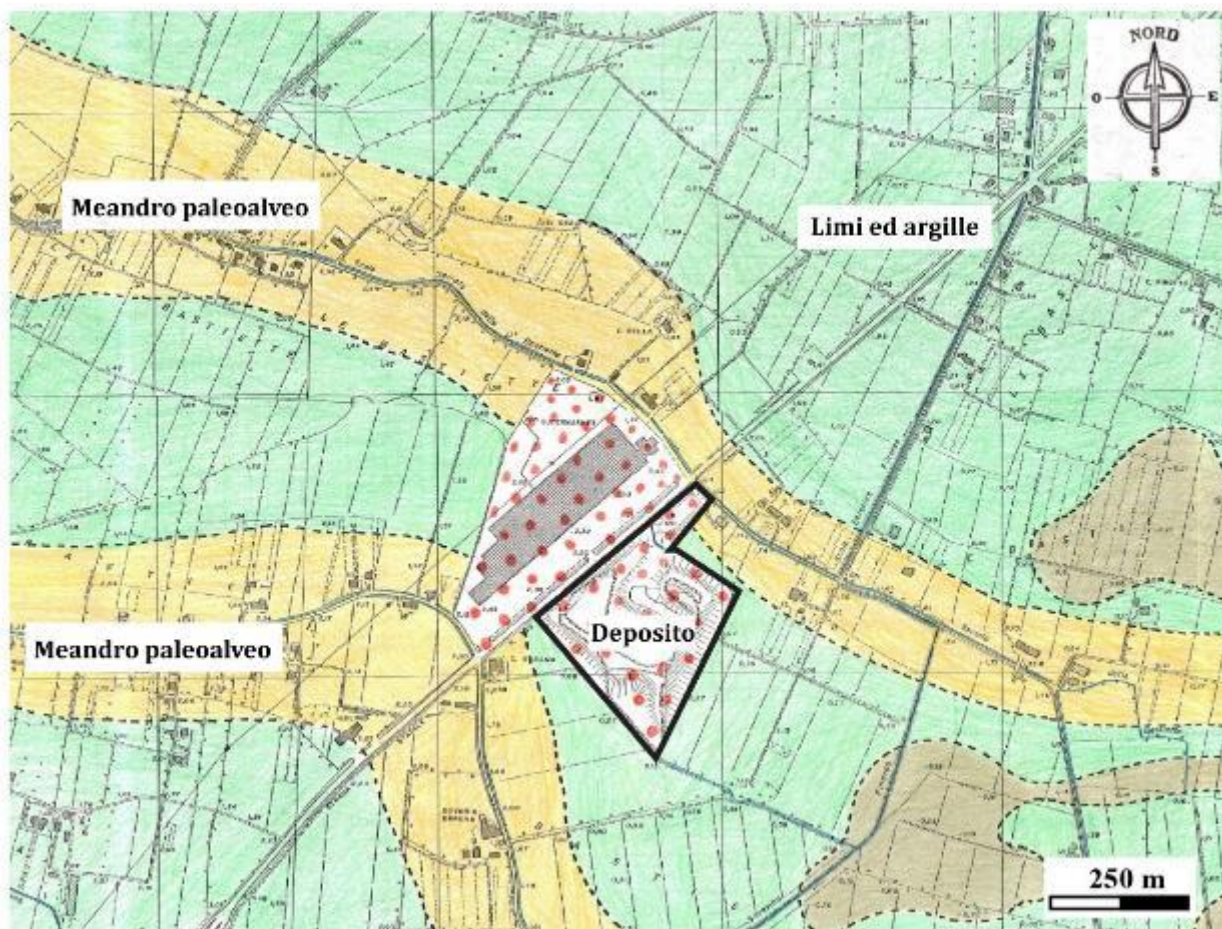


Figura 17. Rapporti tra il deposito di Mira e le unità stratigrafiche dell'Unità di Dolo identificate dalla CTR 1994 (elementi n. 127142 Piazza Vecchia; 127153 Dogaletto; 148021 Ca'Gusson; 148034 Lago Stradoni). L'area del deposito è identificata insieme all'adiacente area commerciale posta al di là della Romea.

La presenza di questi paleoalvei spiega la geometria della superficie piezometrica della falda superficiale durante il periodo meno piovoso (Fig. 16), in cui i due paleoalvei sono sostanzialmente connessi. Questa interconnessione è meno evidente nel periodo piovoso invernale (Fig. 15), durante il quale domina la direzione di deflusso verso costa.

L'acquifero indifferenziato superficiale è sempre caratterizzato da uno scarso gradiente idraulico, che è caratteristico dell'ambiente delta fluviale-laguna. Il sito è monitorato da una rete di piezometri (Fig. 18) prevalentemente distribuiti lungo il perimetro del sito ed al di fuori dei suoi fossi perimetrali. Nel 2025 è stato realizzato il nuovo piezometro PZ7P nella zona centrale del deposito, che è stato utilizzato per uno studio multi-tecnica dell'interazione tra gli ossidi di Fe ed i sedimenti ospiti (Giacomella, 2025).

Nella zona di monte del deposito posta a NW, si trovano i piezometri B2Bx e B2bis. All'interno dell'area di deposito si trovano i piezometri S1-S6 e X3, che sono localizzati nelle zone perimetrali del deposito di ossidi. I piezometri A1, A2, A2P ed A3 si trovano all'interno della proprietà Pivotto confinante con il deposito.

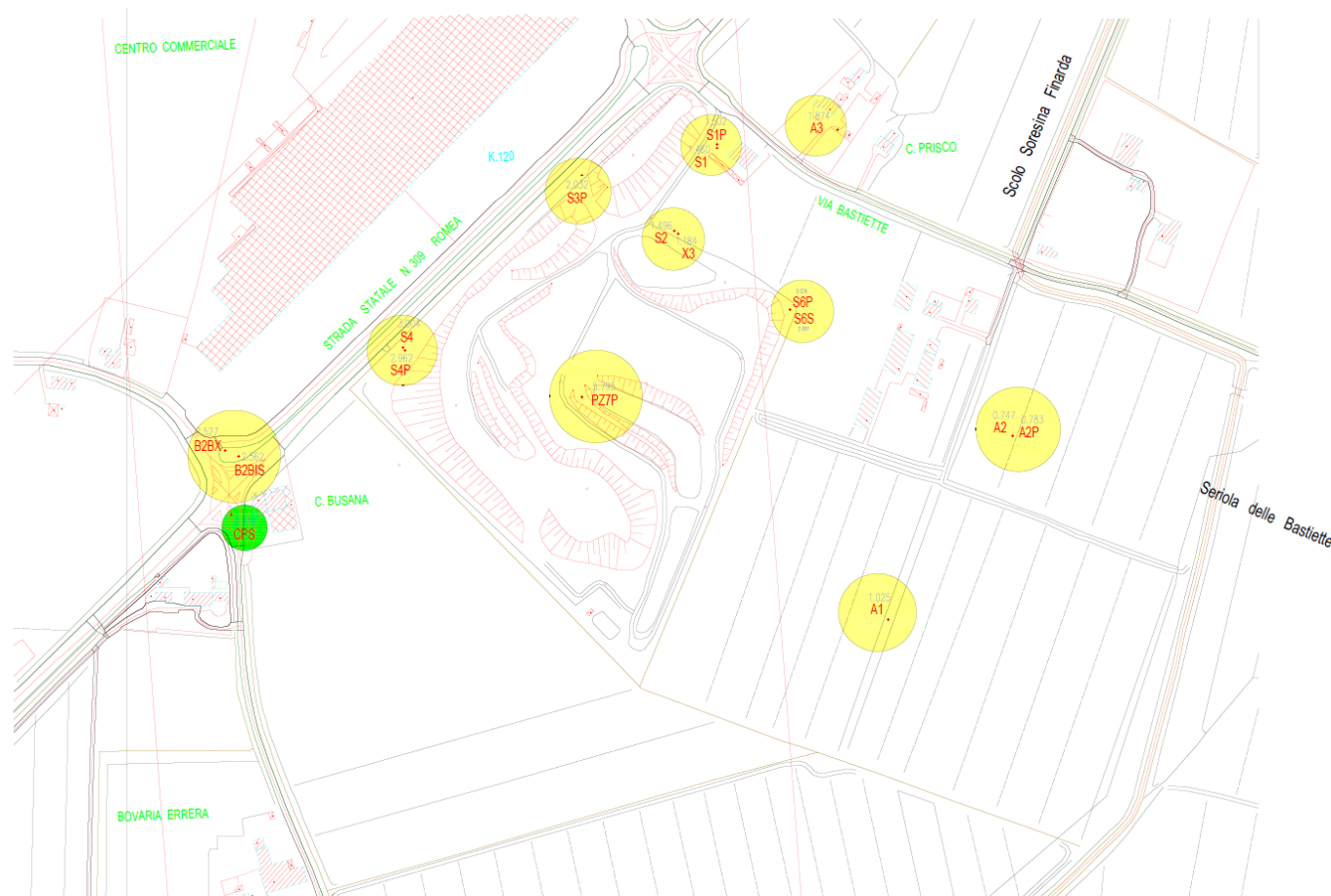


Figura 18. Rete piezometrica esistente e monitorata. La figura riporta anche il piezometro PZ7P e la serie di campioni T7 e T10 utilizzati per lo studio della mobilità dei metalli nei sedimenti.

La carta regionale permeabilità dei suoli della Regione Veneto (ARPAV 2022, <https://gaia.arpa.veneto.it/maps/294>) assegna dell'area del deposito una permeabilità di c. 0.36 mm a^{-1} , vale a dire valori moderatamente bassi e coerenti con la presenza di limi ed argille del sistema del *megafan* descritto sopra.

Le indagini geognostiche volte a caratterizzare i sedimenti e l'acquifero indifferenziato superficiale sono state condotte nel Dicembre 2022 (relazione PAEM, p. 62) e sono consistite in 5 prove penetrometriche condotte alla profondità di 10 m dal p.c., 2 stendimenti di tomografia elettrica localizzate nei lati N ed E del deposito, uno slug test/bail test ed una prova di pompaggio in corrispondenza del

piezometro S6P. Le prove penetrometriche mostrano proprietà meccaniche caratteristiche delle argille limose. La profondità misurata della falda a fine prove nel piezometro S6P era compresa tra -1.40 e -1.25 m dal p.c.

La profondità della falda determinata nel piezometro PZ7P recentemente realizzato al centro dell'area del deposito (vedi sotto) è stata di 3.22 m dal p.c. in primavera (28 Aprile 2024) e 6.43 m dal p.c. in inverno (26 Febbraio 2024).

La permeabilità misurata dalle prove compiute indicano coefficienti di permeabilità compresi tra $4.9 \cdot 10^{-6}$ ed $1.2 \cdot 10^{-5} \text{ m s}^{-1}$. Questi valori sono da considerare intermedi-bassi secondo la tipica classificazione di letteratura (Tab. 10).

Infine, tre prove di permeabilità degli ossidi di Fe, eseguite *in situ* nel 2017 in pozzetti scavati nelle ceneri, hanno determinato valori compresi tra $1.99 \cdot 10^{-6}$ e $9.88 \cdot 10^{-7} \text{ m s}^{-1}$ (relazione PAEM, p. 19), che dimostrano una permeabilità bassa anche per questo tipo di materiale.

4.3 Considerazioni sul modello idrogeologico

In considerazione di quanto esposto, si conclude che la zona del sito di stoccaggio è sostanzialmente impostata su un substrato dominato da componenti argillose/siltose, in cui sono intercalati soltanto orizzonti e livelli discontinui più permeabili con granulometria sabbiosa. Inoltre, il sito è ubicato vicino all'area lagunare con gradienti topografici scarsissimi che contribuiscono a rendere la percolazione dei fluidi presenti nel sottosuolo lenta o lentissima. Questo substrato suggerisce l'esistenza di un acquifero superficiale a bassa permeabilità e poco conduttivo. La principale evidenza sperimentale di bassa conduttività è stata raccolta negli anni durante le tante prove di emungimento eseguite *in situ* in corrispondenza di piezometri realizzati nei livelli sabbiosi a maggiore permeabilità. Queste prove si sono dovute interrompere più volte in corso d'opera in quanto la ricarica del foro andava in crisi. In generale, questo comportamento individua un substrato poco conduttivo (a drenaggio basso) dominato da grandi volumi di argille che separano pochi livelli sabbiosi più permeabili, che sono di fatto isolati o poco interconnessi e quindi poco capaci di ricaricarsi e di formare un vero e proprio acquifero.

Tabella 9. Coefficienti di permeabilità k di tipici sedimenti e suoli (da: Terzaghi & Peck, 1967).

		Permeability (m/s)											
		10^0	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}
Drainage		Good						Poor		Practically impervious			
Soil Types	Clean gravel	Clean sands, cleansand & gravel mixtures		Very fine sands, organic & inorganic silts, mixtures of sand silt & clay, glacial till, stratified clay deposits, etc.				Impervious soils e.g., homogeneous clays below zone of weathering					
			"Impervious" soils modified by effects of vegetation & weathering										

Queste considerazioni sono coerenti con i risultati delle indagini geoelettriche ERT (*Electrical Resistivity Tomography*) eseguite nel 2022 (relazione PAEM, p. 62 e ss.) che mostrano 3 grandi livelli di resistività dei terreni presenti. Il primo più superficiale si manifesta con una resistività bassa (5-10 Ω m), i.e. con valori che suggeriscono la presenza di un substrato umido, di composizione argillosa e senza strutture sedimentarie significative. Quelli più profondi (fino a 40 m) mostrano ancora una resistività modesta (c. 15 Ω m), ed indicano un substrato dominato da una componente argillosa in cui i sedimenti permeabili sono poco abbondanti. Come termine di paragone, si consideri che sabbie, ghiaie o sistemi alluvionali misti hanno resistività >100 Ω m (Sapia et al., 2021). In conclusione, i dati a disposizione non indicano la presenza di orizzonti sabbiosi più permeabili a profondità superiori ai 10 m all'interno del sito in esame. Ciò è coerente con l'ambiente dinamico di rotta fluviale e lagunare in cui il sito si trova, in cui livelli permeabili a matrice sabbiosa si trovano in genere imballati e/o confinati in un substrato argilloso

predominante. Questo è il substrato argilloso che delimita i due paleoalvei adiacenti (ed esterni) al sito (Fig. 5), che sono con molta probabilità i corpi più conduttivi dell'area. Nell'area del Comune di Mira, è noto infatti che il territorio lungo questi paleoalvei è stato sede di pozzi d'acqua sfruttati in passato dalle attività contadine. Questi pozzi risultano oggi tombati su ordinanza del Comune, ma la loro localizzazione indica di per sé le aree a maggiore conducibilità idraulica. È da notare che i due paleoalvei adiacenti al sito potrebbero essere messi oggi in comunicazione idraulica dagli inerti (di varia pezzatura e granulometria) che formano il substrato dell'area commerciale posta a W del sito di stoccaggio. Tale considerazione è da tenere presente per l'interpretazione delle isopieze recenti dell'acquifero superficiale (Figg. 15, 16), al fine di prevedere le sue variazioni stagionali e le sue direzioni di propagazione.

5. Modellazione idraulica per la definizione delle caratteristiche della rete di scolo, che include i canali perimetrali del deposito, il canale Finarda e la laguna.

Per quanto riguarda l'idrografia superficiale su scala locale, il Sito è perimetralmente circondato da scoli agricoli, il cui deflusso è conformato in direzione del canale Finarda, che scorre a circa 400 m a Sud-Est del Sito. Le acque del Finarda defluiscono naturalmente verso Sud fino ad un'idrovia, nella quale si immettono, in ragione di bassa marea, mediante un meccanismo di porte vinciane.

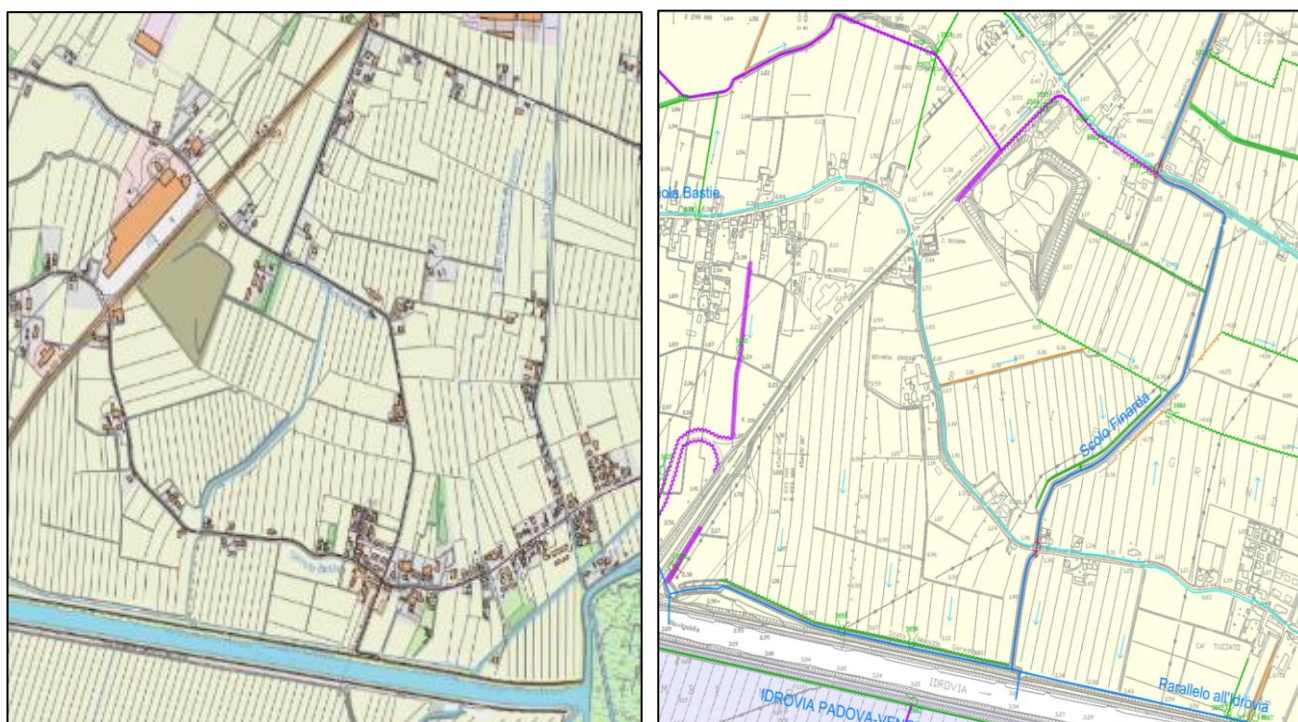


Figura 19: Si riporta un estratto della cartografia del Sistema Informativo Territoriale del Comune di Mira con evidenziata la rete di scolo attorno al deposito ed un estratto della cartografia relativa al piano delle acque- Classificazione idraulica rete zona 2-Nord Idrovia“.

6. Definizione di un modello di dispersione dei materiali solidi e dei metalli per valutare ed eventualmente quantificare il loro impatto sulla laguna

Nel corso del 2023 la Regione Veneto ha sviluppato un piano di indagini integrative di caratterizzazione ai sensi del D.M. n. 46 del 01 marzo 2019 nelle aree agricole attorno al deposito di Mira. L'indagine aveva lo scopo di integrare le attività di caratterizzazione ambientale dei terreni agricoli circostanti al deposito eseguite in più fasi negli ultimi anni, ed era finalizzata all'esecuzione di un'eventuale Valutazione di Rischio sanitario ai sensi del Decreto 46/19.

Il piano di indagini integrative di caratterizzazione redatto da Ambiente S.p.A. a dicembre 2022 ha raccolto tutte le indagini effettuate sui terreni esterni al sito dal 2005 in poi ed ha previsto di integrare tali analisi con le seguenti indagini:

- Campionamento e analisi sui terreni limitrofi al sito, con la suddivisione delle aree in buffer
- Campionamento e analisi su prodotti vegetali coltivati nelle aree limitrofe al sito
- Realizzazione di nr.2 piezometri a valle del sito, campionamento e analisi delle relative acque di falda.

Nel corso del 2023-2024 e 2025 sono state effettuate le relative indagini e con nota del 14 ottobre 2025 è stata trasmessa l'” *Analisi del rischio sanitari (AdR) e Valutazione di Rischio sanitario (VdR) ai sensi del D.M. n. 46 del 01 marzo 2019 del sito costituito dalle aree agricole di via Bastiette a Mira*”.

Lo studio ha evidenziato che:

- 1) *Le indagini condotte sulla matrice terreni sono state realizzate in accordo con quanto definito nel DM 46/19 e hanno permesso di indagare tale matrice sino a 0.5 m di profondità suddividendo il sito in n.18 sub-aree. Sono stati riscontrate eccedenze rispetto ai limiti di cui all'All.2 del D.M. 46/19 per i parametri Arsenico e Zinco nelle sub-aree 1, 2, 4, 9 e 13. Per il parametro Arsenico, tuttavia, è stato considerato come limite il valore di fondo naturale definito dal DGRV 819/13 per cui non risultano superamenti. (Esiti delle indagini integrative e Analisi di Rischio sanitaria ai sensi del D.M. n. 46 del 1° marzo 2019-Ambiente S.P.A.-2022).*
- 2) *Al fine di valutare i possibili rischi sanitari per i lavoratori nelle aree oggetto di indagine, è stata condotta l'Analisi di Rischio sanitaria sulla base degli esiti delle indagini integrative per la matrice terreni, da cui risulta un rischio sanitario di ingestione e contatto dermico e di inalazione vapori outdoor on-site accettabile per il parametro Zinco per le sorgenti SS1, SS2 e SS3. (Esiti delle indagini*

integrative e Analisi di Rischio sanitaria ai sensi del D.M. n. 46 del 1° marzo 2019-Ambiente S.P.A.-2022).

- 3) Le concentrazioni registrate nelle colture in esame, pertanto, non presentano concentrazioni di Zinco.(Valutazione rischio sanitario per aree agricole ai sensi dell'art. 2 allegato 3 D.M. 46/2019 Ambiente S.P.A.-2022)*
- 4) In esito alla procedura di Valutazione del Rischio Sanitario ai sensi dell'allegato 3 del D.M. 46/2019, le concentrazioni riscontrate risultano compatibili con l'ordinamento colturale del sito. È possibile, pertanto, procedere con l'istanza di conclusione del procedimento ai sensi dell'art.4 Comma 3 del DM 46/2019.(Valutazione rischio sanitario per aree agricole ai sensi dell'art. 2 allegato 3 D.M. 46/2019 Ambiente S.P.A.-2022)*

Per maggiori dettagli si rimanda ai relativi studi.

7. Tipizzazione della CdP e verifica dell'effettiva capacità dei contaminanti di migrare nella matrice terreno. Definizione di un modello di dispersione di materiale solidi e dei metalli per valutare ed eventualmente quantificare il loro impatto sulla laguna.

Si riporta di seguito la composizione media delle CDP calcolata utilizzando le analisi dei campioni prelevati dal deposito dal 2015 al 2025. Queste analisi sono state effettuate attraverso Spettroscopia in Fluorescenza a Raggi X utilizzando una procedura standard di calibrazione.

	U.M.	MIN	MAX	MEDIANO	MEDIA	DEV.STD.
Perdita di peso a 105°C	%	3,06	22,72	14,31	14,260	2,174845
pH		3,3	8,47	6,3	6,033	1,173839
Densità apparente	g/cm ³	1,32	1,69	1,52	1,514	0,074778
Densità reale	g/cm ³	3,639	7,033	4,3175	4,288	0,291762
Ferro (come Fe ₂ O ₃)	% p/p	58,7	94,4	81,7	80,574	6,80711
Silicio (come SiO ₂)	% p/p	0,32	27,35	9,2	9,658	4,692683
Alluminio (come Al ₂ O ₃)	% p/p	0,97	8,13	3,23	3,417	1,521395
Calcio (come CaO)	% p/p	0,78	5,38	2,13	2,306	0,860876
Magnesio (come MgO)	% p/p	0,16	14,63	0,8	0,896	0,939916
Mercurio (Hg)	% p/p	<0,001	<0,001	-	-	-
Cadmio (Cd)	% p/p	<0,001	<0,001	-	-	-
Piombo (Pb)	% p/p	0,008	0,4	0,139	0,141	0,057005
Cromo totale (Cr)	% p/p	0,001	0,596	0,006	0,011	0,008021
Antimonio (Sb)	% p/p	0	0,087	0,008	0,009	0,006243
Arsenico (As)	% p/p	0,043	0,111	0,07	0,072	0,012698
Zolfo (S)	% p/p	0,006	4,16	1,85	1,897	0,419292
Nichel (Ni)	% p/p	<0,005	<0,005	-	-	-
Cobalto (Co)	% p/p	< 0,005	< 0,005	-	-	-
Vanadio (V)	% p/p	0,003	0,097	0,007	0,009	0,00851
Manganese (Mn)	% p/p	0,004	0,218	0,025	0,029	0,017447
Rame (Cu)	% p/p	0,02	0,58	0,19	0,207	0,062768
Zinco (Zn)	% p/p	0,18	0,78	0,32	0,332	0,090889

Questi dati mostrano che:

- La perdita di peso (umidità) riscontrata nei campioni è mediamente di circa il 14%, ovvero il materiale non trattiene umidità e non si presenta mai particolarmente umido, a riprova che le acque piovane non attraversano lo strato di ceneri di pirite nel sito.
- La composizione media calcolata delle ceneri è sostanzialmente costante (le concentrazioni medie di singoli componenti hanno deviazioni standard basse), considerato il numero di analisi utilizzate.

- Le ceneri sono costituite per c. 80 wt% da ossidi di Fe (Fe_2O_3 : 79.4 ± 6.6 wt%). I componenti delle CDP determinati in concentrazioni minori (SiO_2 : 10.4 ± 4.5 wt%; Al_2O_3 : 3.7 ± 1.5 wt%; CaO : 2.5 ± 0.8 wt%; S: 1.9 ± 0.5 wt%; MgO : 1.0 ± 0.8 wt%) sono coerenti con la composizione mineralogica analizzata che include silicati (quarzo, plagioclasti, K-feldspati, cloriti, miche) e carbonati (calcite, dolomite). I componenti in traccia sono Zn (0.34 ± 0.1 wt%), Cu (0.2 ± 0.1 wt%) e Pb (0.15 ± 0.1 wt%).
- Tra gli elementi riportati come contaminanti nei Report CRE-DAN, alcuni sono presenti in concentrazioni poco significative nelle CDP (Hg, Cd, Ni, Co. Valori compresi da c. 1 a 150 mg/kg. Cf. Cap 4. Tab 2), mentre Mn, As, Cu, Zn sono presenti in concentrazioni maggiori.

Nel corso del 2025 è stato sviluppato uno studio, in collaborazione con l'università di Bologna dal titolo: "*Gestione sostenibile di uno stockpile: monitoraggio con test di lisciviazione secondo la normativa EN 12457-2:2002* ". Il lavoro aveva come obiettivo la definizione di una procedura sperimentale rigorosa riproducibile e rappresentativa delle condizioni ambientali del sito. L'indagine è stata condotta su campioni prelevati lungo il fronte di coltivazione dello stockpile, successivamente sottoposti a test di lisciviazione secondo la procedura prescritta dalla norma EN 12457-2, presso laboratori di prova accreditati. I risultati sperimentali ottenuti sono stati impiegati per affinare le attività di monitoraggio continuo dello stockpile e per contribuire alla definizione di una strategia di gestione e coltivazione sostenibile nel lungo periodo, in conformità con i principi di tutela ambientale. Le nuove evidenze analitiche sono state inoltre integrate con i dati chimici e mineralogici preesistenti, al fine di elaborare un modello di valutazione e mitigazione dei potenziali contaminanti rilasciabili nell'ambiente, con particolare attenzione alla protezione delle acque sotterranee (Giacomella – 2025).

In particolare sono stati raccolti 3 campioni rappresentativi di CdP in tre diverse posizioni dell'area in coltivazione; i campioni sono stati omogeneizzati, quartati e suddivisi in 3 aliquote che sono state analizzate da 3 diversi laboratorio; 2 laboratorio esterni con test di lisciviazione accreditato da ACCREDIA secondo la norma EN 12457-2, e il laboratorio VenetaLab, non accreditato per questo metodo analitico. Si riporta la tabella con le tecniche analitiche utilizzate dai 3 diversi laboratorio:

Tabella 1 Tecniche analitiche per la determinazione dei parametri chimici negli eluati

Parametro	Laboratorio 1 LA.RI.AN. IDROPUR	Laboratorio 2 Ecoricerche	Laboratorio 3 Veneta Lab
pH	APAT CNR IRSA 2060 Man 29 2003	ISO 10523:2008	APAT CNR IRSA 2060 Man 29 2003
Conducibilità elettrica	APAT CNR IRSA 2030 Man29 2003	UNI EN 27888:1995	APAT CNR IRSA 2030 Man29 2003
Temperatura	APAT CNR IRSA 2100 Man29 2003	APAT IRSA CNR 2100	-
Umidità	UNI EN 14346:2007 Met A	CNR IRSA 2 Q 64 Vol2	-
Metalli	EPA 6010D 2018	UNI EN ISO 17294-2:2023	UNI EN ISO 17294-2:2016
Anioni	UNI EN ISO 10304-1:2009	UNI EN ISO 10304-1:2009	APAT CNR IRSA 4020 Man 29 2003

Si riportano i risultati ottenuti dai 3 laboratori:

Le Tabelle 2 e 3 presentano i valori misurati negli eluati e permettono di confrontare tra loro i diversi parametri chimici, oltre che metalli e anioni con i rispettivi limiti normativi.

Tabella 2 Parametri chimici degli eluati

Campione- Laboratorio	pH	Conducibilità μS/cm 20°C	Temperatura °C	Umidità %	TDS mg/ L	DOC mg/ L
C1a_LA.RI.AN	5.3	2100	22.6	11.4	1460	<10
C1b_Ecoricerche	6.6	1700	24	7.3	830	<2
C1c_VenetaLab	5.5	1170	24			
C2a_LA.RI.AN	4.7	1900	22.6	16.8	1350	<10
C2b_Ecoricerche	4.9	2100	24	17	1100	<2
C2c_VenetaLab	5.8	1700	24			
C3a_LA.RI.AN	4.36	1460	22.6	7.6	1020	<10
C3b_Ecoricerche	4.1	2400	24	11	1200	<2
C3c_VenetaLab	6	1420	24			

Tabella 3 Risultati delle analisi di metalli e anioni negli eluati paragonati rispetto ai limiti di legge per discariche di rifiuti

	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Sb	Se	Zn	Cl	F	SO ₄
	mg/ L	mg/ L	mg/ L	mg/ L	mg/ L	mg/ L	mg/ L	mg/ L	mg/ L	mg/ L	mg/ L	mg/ L	mg/ L	mg/ L	mg/ L
C1a	0.0117	0.117	<0.005	<0.01	0.239	<0.005	<0.01	0.0248	<0.01	<0.01	0.01	1.06	<5	<0.2	1520
C1b	0.015	<0.1	0.0052	<0.01	0.37	<0.001	<0.01	<0.005	<0.025		<0.005	0.39	<0.5	<0.5	1000
C1c		<0.1	<0.01	<0.1	0.284			<0.02	<0.02			0.46	<1	<0.2	1579
C2a	0.0112	0.0321	0.0208	<0.01	4.20	<0.005	<0.01	0.0111	<0.01	<0.01	<0.01	3.44	<5	<0.2	1440
C2b	0.0094	<0.1	0.025	<0.01	4.6	<0.001	<0.01	0.0069	<0.025		0.0067	3.6	1	<0.5	1500
C2c		<0.1	0.017	<0.1	1.96			<0.02	<0.02			2.82	<1	<0.2	1279
C3a	0.0243	0.0345	0.005	<0.01	0.419	0.005	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.55	<5	<0.2	990
C3b	0.0069	<0.1	0.0041	<0.01	0.29	<0.001	<0.01	<0.005	<0.025		0.012	0.46	<0.5	<0.5	1600
C3c		<0.1	<0.01	<0.1	0.123			<0.02	<0.02			0.36	<1	<0.2	893
Lim. 1	0.2	10	0.1	1	5	0.02	1	1	1	0.07	0.05	5	2500	15	5000
Lim. 2	2.5	30	0.5	7	10	0.2	3	4	5	0.5	0.7	20	2500	50	5000

Note: il simbolo < indica che l'elemento è al di sotto del limite di rilevazione

Lim. 1 Discariche di rifiuti: D.lgs. 36/2003 come modificato dal D.lgs. 121/2020 - Tab.5 "Limiti di concentrazione nell'eluato per l'accettabilità in discariche per rifiuti non pericolosi"

Lim. 2 Discariche di rifiuti: D.lgs. 36/2003 come modificato dal D.lgs. 121/2020 - Tab.6 "Limiti di concentrazione nell'eluato per l'accettabilità in discariche per rifiuti pericolosi"

Dai risultati ottenuti con questo studio è emerso che:

- 1) L'analisi dei metalli presenti negli eluati mostra concentrazioni generalmente basse per la maggior parte degli elementi, con valori spesso inferiori ai limiti di rilevabilità, e comunque ampiamente inferiori ai limiti normativi di riferimento riportati in Tabella 3 (Lim.1 e Lim.2). Questo indica che il materiale testato non presenta una significativa tendenza a rilasciare metalli pesanti quali As, Cd, Cr, Hg, Pb, Sb, Se, che risultano presenti a concentrazioni molto basse o al di sotto del limite di rilevazione delle tecniche utilizzate.
- 2) I risultati ottenuti dai test di lisciviazione eseguiti sul materiale dello stockpile mostrano un pH degli eluati compreso tra 4.1 e 6.6, indicativi di soluzioni acide o debolmente acide. Questa condizione è coerente con la natura poco tamponante del materiale e con la tendenza degli ossidi di Fe a generare eluati leggermente acidificati a seguito del desorbimento di ioni superficiali (Tombácz, 2009).
- 3) Rame e Zn sono i metalli che mostrano una maggiore mobilità in acqua, in particolare nei risultati delle aliquote C2a e C2b con valori di 4.2 e 4.6 mg/L di Cu e 3.44 e 3.6 mg/L di Zn, rispettivamente (Tab. 3). Questi valori non superano però il limite di riferimento di legge relativo alle discariche per rifiuti non pericolosi (D.lgs. 36/2003).
- 4) Dal punto di vista ambientale, i livelli di lisciviazione osservati suggeriscono un rischio potenziale ridotto in scenari di esposizione a breve termine, poiché la solubilizzazione dei principali contaminanti risulta limitata. La bassa mobilità di elementi critici come As, Cd, Cr, Pb, Mo, Hg indica che il materiale presenta un'elevata capacità di trattenere i contaminanti nella matrice solida, riducendo la probabilità di rilascio in ambiente acquoso.

8. Monitoraggio periodico dei sedimenti presenti nei canali perimetrali del deposito

Come già descritto, la società ha effettuato, a partire dal 2011, una serie di interventi di messa in sicurezza del sito per ridurre il rischio che le acque di dilavamento del sito andassero a disperdersi nell'ambiente circostante; questi interventi hanno coinvolto in particolare i fossati perimetrali nei lati nord-est, sudest e sud ovest che sono stati impermeabilizzati con un telo in HDPE innestato sul fondo del fossato (in mezzeria).

Per poter realizzare questo intervento i fossati perimetrali sono stati preliminarmente asciugati, sono stati puliti da eventuali materiali presenti sul fondo e sugli argini (radici, rami erbacce etc.), riprofilati e poi impermeabilizzati. Il materiale di risulta è stato poi analizzato, classificato e inviato ad idoneo impianto di smaltimento.

In data 17 maggio 2023 la Città Metropolitana di Venezia ha comunicato alla società V.R.M. la presentazione di un progetto definitivo per l'implementazione dei presidi ambientali dei fossati perimetrali e pulizia del fossato di collegamento con il canale Finarda.

Il progetto è stato sviluppato nel corso del 2024 e del 2025 e con nota del 02 dicembre 2025 la CMVe ha comunicato alla società l'avvio dei lavori relativi a detto intervento che consisterà nel *“completamento dell'impermeabilizzazione degli scolì perimetrali al deposito, mediante posa di canalette in calcestruzzo a sezione trapezia per la regolarizzazione delle sezioni idrauliche dei fossati e raccordo con l'opera di impermeabilizzazione esistente”*. La tempistica di realizzazione dell'intervento è pari a 3-4 mesi; si rimanda pertanto al termine di dette attività per valutare eventuali necessità di monitoraggio periodico dei sedimenti presenti nei canali perimetrali del deposito.

9. Ricostruzione di uno scenario che comprenda: descrizione della fonte, definizione delle vie di esposizione e quantificazione della possibile contaminazione che potrebbe interessare tutte le risorse naturali individuate quali bersagli (acque sotterranee, acque superficiali e terreno

La potenziale sorgente di contaminazione primaria riscontrata nel sito è costituita dai depositi di ceneri di pirite.

Le risorse naturali individuate come bersagli sono:

- Acque sotterranee
- Acque superficiali

Le vie di esposizione possono essere per infiltrazione, tracimazione o dispersione.

Come riportato nelle LGSNPA 33/2021, per la fase di accertamento delle eventuali evidenze di minaccia di danno ambientale *“gli obiettivi e le caratteristiche principali di tale attività di indagine dovrebbero essere i seguenti:*

- definizione delle condizioni originarie del corpo idrico impattato, sulla base delle migliori conoscenze disponibili, con particolare attenzione a quegli elementi e quegli aspetti che possono essere maggiormente influenzati dall’evento di danno...[....]*
- individuazione dei parametri da monitorare, selezionati in base al tipo di evento dannoso e adatti a misurare il deterioramento del corpo idrico in riferimento allo stato ecologico e chimico;*
- definizione del tempo necessario a confermare la sussistenza di un danno ambientale, in quanto la durata di un piano di indagine ambientale realizzato a tale scopo deve tenere conto delle caratteristiche intrinseche degli EQB, delle variazioni stagionali dei parametri, in coerenza con le fasi del regime idrologico del corpo idrico, e in particolare di quegli elementi che descrivono la componente più sensibile e vulnerabile e che quindi concorre maggiormente al deterioramento dello stato di qualità del corpo idrico.*

9.1 Acque sotterranee

Dal confronto sui risultati dei monitoraggi semestrali effettuati negli ultimi anni si sono riscontrate alcune criticità relativamente alla rete piezometrica esistente, come riportato nel capitolo 3, pertanto per approfondire maggiormente le condizioni sul corpo idrico impattato si propone di realizzare una nuova rete piezometrica costituiti da nr. 3 piezometri posti a monte – a una distanza di 100-150mt dal deposito- e nr. 3 piezometri posti a valle del deposito, in aree pubbliche accessibili a VRM.

Ad integrazione delle conoscenze sull'interazione deposito/acque sotterranee si potrebbe valutare di dotare solamente 3 piezometri interni al sito con un data logger per monitorare in continuo il livello di falda e per poter quindi avere contezza di quanto del deposito resta a contatto effettivamente con le acque sotterranee.

Per approfondire in modo più ampio i rapporti tra i terreni della proprietà e l'ambiente di laguna ospite potrebbe essere utile sviluppare uno studio ambientale "di distretto" che dovrebbe estendersi a N, E ed W per includere i due paleoalvei individuati nelle immediate vicinanze del deposito, le aree di monte non influenzate dal deposito, ed anche un'estensione del modello idrogeologico al di fuori dell'area di sito stesso.

9.2 Acque superficiali

Per quanto riguarda l'impatto del deposito sulla matrice acque superficiali, si valuterà eventuali successive attività di monitoraggio al termine della attività di sistemazione dei fossati perimetrali a cura della CMVe in avvio a fine gennaio 2026.

La società è autorizzata all'attività di recupero delle Ceneri di pirite dal 2014 con procedura di V.I.A. che è in fase di modifica, attraverso il procedimento di PAUR, in fase di sviluppo.

La procedura di V.I.A., con la quale la società opera, assicura che l'attività antropica sia compatibile con le condizioni ambientali per lo sviluppo sostenibile.

Come già evidenziato al capitolo 1 la società è certificata ISO 14001:2015, questa certificazione rappresenta il pilastro strategico che trasforma la conformità normativa in eccellenza operativa, garantendo la massima efficienza nel recupero delle materie prime e attestando di fronte alle istituzioni l'impegno concreto verso l'economia circolare e la minimizzazione dell'impatto ambientale.