

“Progetto operativo di bonifica e MISP” (Aecom, marzo 2026): valutazioni tecniche di ARPAV

Nella prima parte del documento sono richiamati gli aspetti ritenuti più rilevanti dal punto di vista geologico e idrogeologico, ed esposte le valutazioni tecniche in merito; un’analisi più approfondita riguarda le simulazioni previsionali con modello numerico di flusso e il modello geologico concettuale alla base del progetto. Queste valutazioni sono a supporto delle successive osservazioni, illustrate nella seconda parte del documento (capitolo 4), che potranno eventualmente assumere carattere prescrittivo laddove condivise e recepite dagli Enti partecipanti alla CdS.

1. Analisi degli aspetti geologici e idrogeologici del documento

Il “Progetto operativo di bonifica e MISP” presentato (Aecom, marzo 2026) si basa su un **approccio per fasi (Cap. 1.1)**.

Fase 1: *“realizzazione di interventi ambientali finalizzati a interrompere i potenziali percorsi di lisciviazione e dilavamento della contaminazione con soluzioni consolidate, intervenendo sugli elementi di carattere idrogeologico, con effetti sostanzialmente non influenzati dalla specificità dei contaminanti”:*

- attività propedeutiche alla realizzazione degli interventi (indagini integrative, gestione interferenze, demolizioni)
- interventi di confinamento e copertura:
 - confinamento perimetrale, a completamento del palancolato già realizzato sul lato est: intestato sulle marne nella porzione nord-est del sito e sulle calcareniti sulla porzione sud-ovest;
 - MISP dell’ex area impianti, con tappo di fondo naturale costituito dal tetto delle marne;
 - impermeabilizzazione superficiale.
- Piano di monitoraggio:
 - prosecuzione dell’attuale PdM fino ad almeno 2 anni oltre il completamento di tutte le opere previste;
 - proposta di 2 nuovi cluster piezometrici.
- test pilota / campi prova: come azioni di finissaggio, da testare dopo aver completato le opere di confinamento laterale e superficiale e dopo un sufficiente periodo di monitoraggio; interventi focalizzati sulle acque di falda:
 - In situ soil stabilization sulla zona di oscillazione delle acque di falda: test di laboratorio e poi test in situ

- In situ adsorption sulla falda: immissione di CAC in falda, con l'obiettivo di trattare una porzione di suolo saturo afferente a entrambi gli acquiferi.

Fase 2: valutare le opportune ottimizzazioni di sistemi di emungimento e trattamento attivi e definire eventuali azioni integrative di bonifica / messa in sicurezza.

Gli interventi di Fase 1 sono inclusi nella stima dei costi e nel cronoprogramma; la Fase 2 è descritta in modo molto generico e qualitativo, molte delle attività citate sono considerate eventuali e non sono considerate nella stima dei costi e nel cronoprogramma.

Nel **Cap. 3.2 - Sintesi qualità ambientale delle acque di falda** per la selezione dei contaminanti di principale interesse (COPCs) viene considerato solo il periodo più recente, da dicembre 2024 ad agosto 2025, giustificandolo con la necessità di utilizzare dati rappresentativi delle condizioni attuali del sito (con palancolato lato est completato).

Il palancolato è stato effettivamente completato a maggio 2025, anche se era quasi completo già da fine 2024. D'altro canto, come si precisa a pag. 42, il monitoraggio post-completamento dell'opera non ha ancora coperto l'intero ciclo idrologico stagionale (regime di magra, intermedia e morbida).

Tale scelta non considera quindi l'estrema dinamicità del sistema idrogeologico, che influisce significativamente sullo stato di contaminazione delle acque sotterranee: i composti PFAS mostrano concentrazioni variabili nel tempo su intervalli di due-tre ordini di grandezza, in funzione del livello di falda. Tale fenomeno è noto ormai da diversi anni, è stato oggetto di diversi studi di approfondimento e quindi consolidato e condiviso dagli Enti. Il periodo di osservazione da dicembre 2024 ad agosto 2025 risulta particolarmente "favorevole" dal punto di vista idrochimico, con concentrazioni dei composti PFAS abbattute dalle condizioni di morbida che persistevano da dicembre 2023 in poi.

Inoltre vengono utilizzati valori di monte non condivisi da ARPAV, soprattutto per l'acquifero calcarenitico, per quanto già discusso in precedenti tavoli ed in particolare alla CdS del 27.05.2026.

I PFAS vengono genericamente accorpati nel parametro Somma PFAS.

Anche in ragione della presenza di una sorgente esterna al sito, nota e costituita dal solo composto PFBA, si ritiene che il parametro Somma PFAS non possa essere utilizzato di per sé per discriminare il segnale Miteni, ma che si debba analizzare la coerenza composizionale della miscela PFAS (al netto del PFBA, per quanto già noto) e le concentrazioni relative dei composti PFAS più caratteristici del segnale Miteni: PFOA, PFOS, PFBS, cC6O4, HFPO:DA, PFHxA, PFPeA, PFHpA, PFHxS, PFDeA, PFPeS, oltre alla presenza dei composti BTF più

rappresentati (tra cui 4-Cloro,3-nitro-BTF e 3,4-Dicloro-BTF) seppure caratterizzati da LR decisamente maggiori di quelli dei PFAS.

Al **Cap. 3.2.1** si affronta il tema della contaminazione sul lato est del sito, in sinistra idrografica al Torrente Poscola. Vengono rimandate alla Fase 2 “le valutazioni sull’opportunità di implementare specifiche azioni mirate”.

Gli **obiettivi di progetto (Cap. 5.3)**, nello scenario post-intervento, sono:

1. interruzione dei percorsi di esposizione individuati dalle Analisi di Rischio depositate
2. *“le acque” sotterranee “immediatamente a valle idrogeologica del sito ex-Miteni (al di fuori delle opere di confinamento previste) dovranno rispettare i limiti di potabilità al netto di eventuali contributi di monte, intesi come valore da raggiungere a tendere nel tempo, in relazione agli effetti prodotti dalle opere previste dal progetto”.*

Gli eventuali contributi di monte devono dimostrarsi estranei al sito ex-Miteni; non potranno includere sostanze che possono derivare dal sito stesso in ragione di altri possibili percorsi (ad esempio il trasporto in atmosfera) durante la fasi di attività e produzione del sito.

Come punto di monitoraggio a valle del sito viene individuato solamente il piezometro **MW17**, posizionato circa 28 m a valle della barriera sud e filtrato nelle alluvioni. Si noti che attualmente MW17 presenta tenori molto bassi di contaminazione, leggermente più bassi ma comparabili a quelli di MW55 e MW18; questo dipende dalle prolungate condizioni di morbida; inoltre MW17 viene campionato semestralmente. Si rileva inoltre che non sono considerate le calcareniti, né il lato ovest. Si ritiene che tutti i piezometri esterni al sito debbano essere considerati per valutare l’evoluzione delle condizioni ambientali delle acque di falda, in corso d’opera e post operam, sia comparto alluvionale che calcarenitico, in direzione sud, sud-ovest e ovest.

Come richiesto dagli Enti, al **Cap. 5.5 - Stima delle masse** sono stimate le **masse** dei principali contaminanti sito-specifici nei diversi comparti del sito.

Per il **comparto suoli** sono stati distinti i 4 livelli individuati dall’Analisi di Rischio: insaturo superficiale, insaturo profondo, occasionalmente saturo (orizzonte 1) e quasi sempre saturo (orizzonte 2). Le masse stimate da Aecom sono presentate nel grafico seguente (Figura 1), con scale differenziate per:

- i derivati dei Benzotrifluoruri (BTF) che raggiungono le 33 tonnellate;
- gli altri composti: PFAS quasi 3 tonnellate, Tetracloroetilene + Tricloroetilene (PCE+TCE) 0,2 ton, Esaclorobenzene (HCB) 0,16 ton.

E' evidente la dominanza dei composti BTF, superiori ai PFAS di un ordine di grandezza. I principali composti clorurati (PCE e TCE) e l'Esaclorobenzene (HCB) risultano invece inferiori ai PFAS di circa un ordine di grandezza. In termini di masse, BTF, PFAS e clorurati si posizionano su scale decrescenti di importanza; i PFAS diventano prioritari in ragione della loro maggiore mobilità in falda e dei minori limiti di legge.

La maggior parte della massa è contenuta all'interno dei livelli insaturi, sia superficiale (primo metro) che profondo (spessori di alcuni metri, variabili nei diversi settori del sito); sono minori le masse contenute nel livello occasionalmente saturo (spessori di alcuni metri, variabili nei diversi settori del sito), ma comunque significative per i composti BTF e PFAS.



Figura 1. Stima delle masse per il comparto insaturo (da POB Aecom, 2026); si notino le due diverse scale per l'asse y.

La stima delle masse di contaminanti presenti nella **falda alluvionale**, basata sulle concentrazioni rilevate in falda a giugno e dicembre 2025 (entrambi mesi con concentrazioni abbattute dal persistente regime di morbida), restituisce numeri decisamente minori delle masse estratte dalle barriere idrauliche, che si ritengono non idonei a definire un ordine di grandezza per la massa presente nel comparto alluvionale. D'altronde anche i Progettisti evidenziano i limiti del calcolo.

Nella tabella e nel grafico seguenti (Figura 2) è presentato il confronto tra le masse stimate per il comparto alluvionale e le masse estratte dalle barriere nel 2024 (dati ICI che erano disponibili alla redazione del POB), suddivise tra comparto alluvionale e comparto calcarenitico.

I Progettisti precisano che al momento non è possibile fare alcuna stima per la **falda calcarenitica**; si riconosce la difficoltà oggettiva di tale calcolo, che richiederebbe di assumere uno spessore di calcareniti contaminato (ignoto, la contaminazione non è delimitata verso il basso) e una porosità efficace per il mezzo (fratturato/carsificato, molto eterogeneo, con conducibilità idrauliche variabili su un ampio intervallo).

Quindi i Progettisti scelgono di presentare i dati delle masse estratte dal comparto calcarenitico nel 2024 attraverso le barriere idrauliche, che *“devono essere intesi unicamente quale indicazione di ordine di grandezza”*. Si ritiene però che non possano essere considerati nemmeno indicativi dell'ordine di grandezza, poiché le masse estratte per ciascun comparto non dipendono solo dalle concentrazioni in falda (soprattutto quelle intercettate localmente dai punti di emungimento), ma anche dai volumi totali emunti dal comparto. Poiché i pozzi che emungono dalle calcareniti sono in numero minore (10 filtranti esclusivamente le calcareniti, su un totale di 43 pozzi attivi) e le loro portate di esercizio sono decisamente minori rispetto a quelle dei pozzi nelle alluvioni (anche per effetto delle minori K), per raggiungere quelle masse estratte sono necessarie concentrazioni maggiori di quelle presenti nel comparto alluvionale. Si ritiene pertanto che i numeri forniti non siano idonei a definire un ordine di grandezza per la massa presente nel comparto calcarenitico.

ALLUVIONI						CALCARENITI	
Dati presentati nel Cap. 5.3 del Progetto			File Masse estratte_2024.xlsx			Dati presentati nel Cap. 5.3 del Progetto	
	Masse stimate falda alluv. giu-25	Masse stimate falda alluv. dic-25		Masse estratte dalle barriere nel 2024	Comparto Alluvionale	Comparto Calcarenitico	Calcarenitico / Totale
Derivati BTF	10.7	3.5	Derivati BTF	225.1	166.7	58.4	26%
PFAS	1.4	0.9	PFAS	58.8	50.4	8.3	14%
PCE+TCE	0.1	0.3	Clorurati	4.4	2.0	2.4	55%

	Volumi (mc) emunti dalle barriere nel 2024	Comparto Alluvionale	Comparto Calcarenitico	Calcarenitico / Totale
Totale	1,850,292	1,621,493	228,799	12,3 %
Barriera Sud	1,281,432	1,133,792	147,640	11,5 %
Barriera Nord	366,418	285,259	81,159	22,1 %
Alleggerimento	202,442	202,442	0	0 %

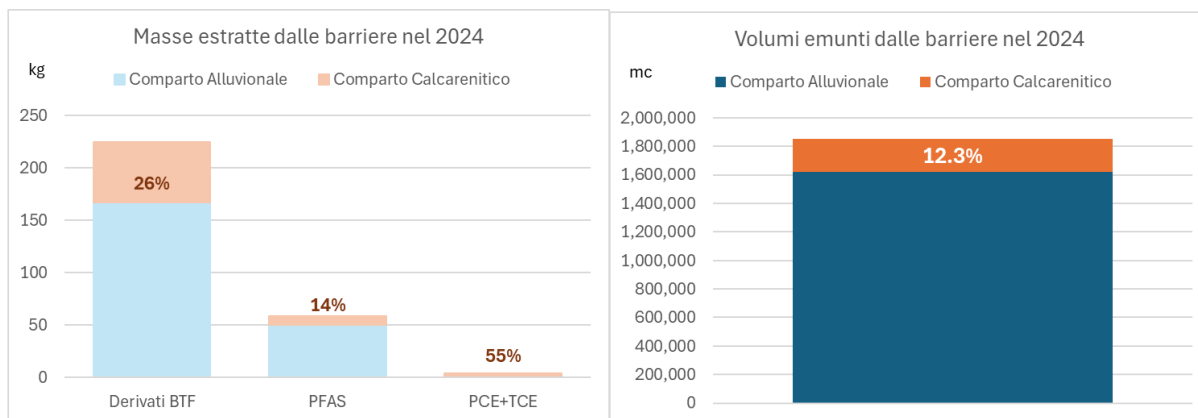


Figura 2. Confronto tra le masse stimate nel POB e le masse estratte dalle barriere idrauliche nel 2024, distinguendo tra comparto alluvionale e calcarenitico.

Le masse estratte nel 2024 rappresentano il massimo di tutti gli anni disponibili, presumibilmente in ragione dell'aumento significativo di concentrazioni verificatosi a partire da dicembre 2023 e dell'incremento importante di volumi emunti dalla barriera, per le prolungate condizioni di morbida (erano stati messi in atto potenziamenti dei pompaggi, su iniziativa volontaria di ICI). Il 2024 è inquadrato rispetto allo storico nei grafici di Figura 3, dove sono rappresentate le masse totali delle 3 barriere, dal 2013 al 2025, sia come masse annuali (grafico in alto a sinistra), che come masse cumulate (in basso a sinistra). Con altri tre grafici (a destra) sono differenziati i contributi delle diverse barriere.

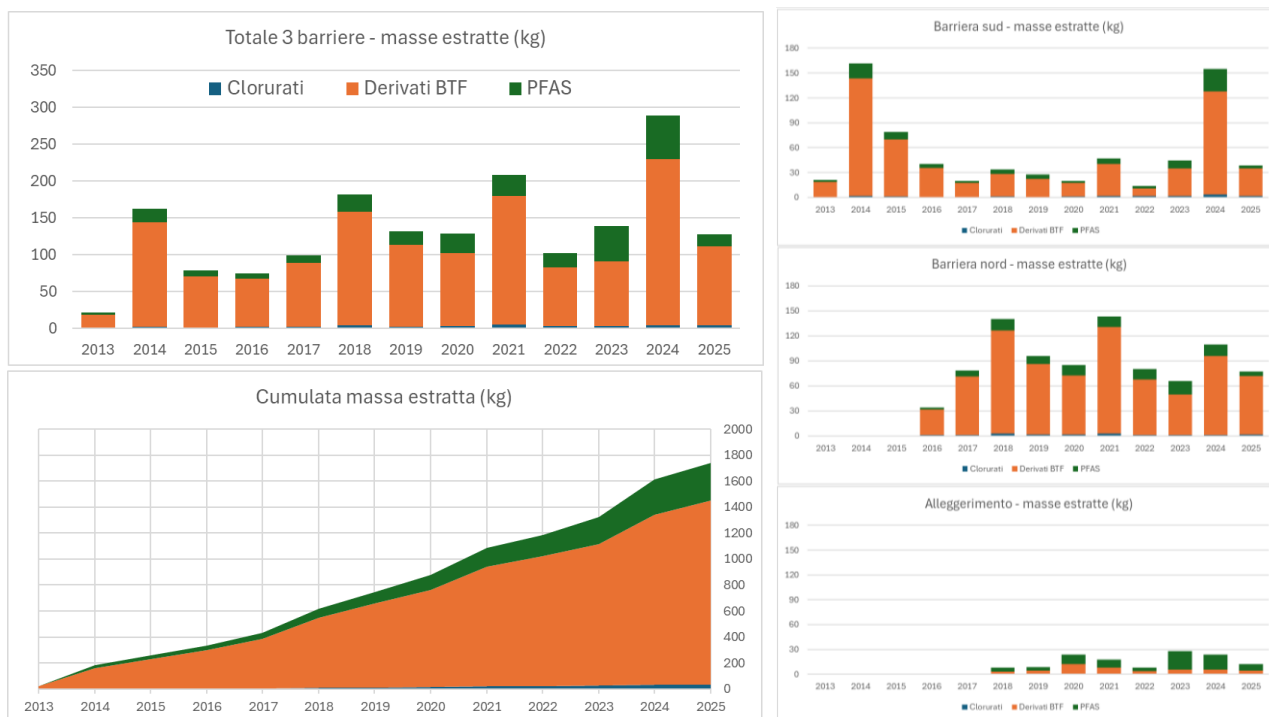


Figura 3. Masse totali annue e cumulate estratte dalle barriere idrauliche negli anni dal 2013 al 2025, distinte per famiglia di composti (grafici di sinistra) e differenziate per barriera (grafici di destra).

Per mettere a confronto le masse stimate per il comparto suoli (Aecom, documento di progetto) con le masse totali estratte dalle acque sotterranee attraverso le barriere idrauliche negli anni dal 2013 al 2025 (12,5 anni di esercizio, dati ICI) sono stati elaborati i grafici di Figura 4. Pur trattandosi di stime, affette da gradi di incertezza descritti nelle relazioni dei Progettisti, risulta evidente che si tratta di ordini di grandezza molto diversi: le masse stimate per il comparto suoli risultano superiori a quelle sinora estratte dalle barriere di oltre un ordine di grandezza per i BTF, e di circa un ordine di grandezza per PFAS e clorurati. Questo significa che la sorgente secondaria presente nei suoli insaturi è decisamente più rilevante di quanto estratto sinora dalle acque di falda.

Nell'ottica di futuri interventi attivi sulle sorgenti secondarie, si ritiene che potrà essere utile incorporare la stima delle masse sulle due porzioni di sito: interna all'area MISP ed esterna all'area MISP.

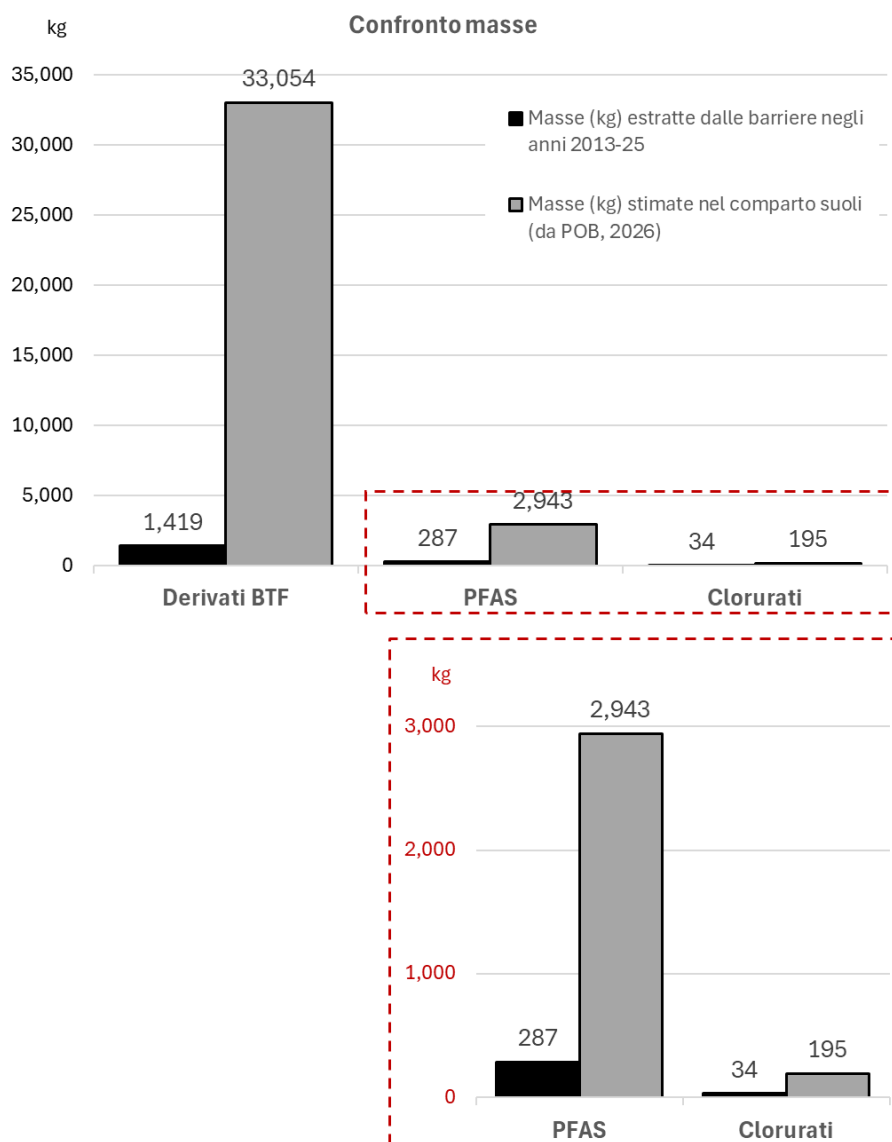


Figura 4. Confronto tra le masse stimate per il comparto suoli (sorgente secondaria) e le masse estratte dalle barriere idrauliche, cumulate dal 2013 al 2025.

Relativamente agli **Obiettivi e strategia di intervento** (Cap. 8.2 pag. 102), in riferimento alla “prosecuzione degli interventi di recupero massivo”, si segnala che nell’ipotesi di progetto presentata le uniche masse che verranno rimosse dal sito durante la Fase 1 saranno quelle estratte dalle barriere idrauliche, come è avvenuto dal 2013 ad oggi nell’ambito degli interventi di MISO. Per i test pilota, infatti, sono previste solo sperimentazioni di tecniche di immobilizzazione, e si rimanda alla Fase 2.

Si rileva però che, per quanto si evince dai risultati delle simulazioni previsionali presentate dai Progettisti, è prevista la progressiva desaturazione del sito (illustrata al Cap. 13 e in Allegato 4), per effetto delle opere di confinamento e impermeabilizzazione previste dalla Fase 1. Tale

desaturazione potrà determinare la progressiva riduzione delle masse estraibili dalle barriere, per la diminuzione dei volumi di acque sotterranee estraibili dal sito.

Nelle condizioni attuali, gli eventi meteorici più intensi e i periodici eventi di oscillazione della falda (in particolare le risalite) sono i fattori che causano le mobilitazioni dei contaminanti dalla sorgente secondaria (insaturo contaminato) e quindi le prese in carico delle masse ad opera della falda, da cui poi vengono estratte attraverso le barriere idrauliche e trattate all'impianto TAF. Ne è dimostrazione l'aumento delle masse estratte alle barriere idrauliche in concomitanza di eventi di morbida importanti (anno 2024).

Impedendo questi processi di mobilitazione della sorgente secondaria, certamente si abatteranno i fattori di rischio per le acque di falda, ma contemporaneamente si andrà a diminuire la massa estraibile dalle barriere. Quindi, secondo gli scenari previsionali dei Progettisti, di fatto si immobilizzerà la massa contaminante nel comparto suoli insaturi (massa notevole in base alle stime sopra richiamate); il comparto suoli "sempre insaturi" vedrà aumentare il suo spessore grazie al mantenimento di carichi idraulici bassi su tutto il sito interno al diaframma perimetrale. Anche l'applicazione di tecnologie "in situ adsorption" di fatto sarà molto limitata dall'abbattimento dei carichi idraulici. Si noti che, secondo gli scenari previsionali dei Progettisti, il comparto alluvionale risulterà completamente desaturato su tutta la metà orientale del sito in condizioni di morbida: Fig. 13-2 del documento (simulazione con quota MW20 108 m s.l.m.) e Fig. 2 del Riscontro alle richieste (simulazione con quota MW20 105 m s.l.m., richiesta da ARPAV); sarà completamente desaturata la porzione di sito racchiusa dal diaframma MISP; potranno rimanere sature le alluvioni sulla porzione più occidentale del sito, ma con battenti idrici abbattuti di 8-10 m rispetto alle condizioni attuali.

Nelle condizioni intermedie e di magra, non considerate dalle modellazioni (presumibilmente per l'impossibilità oggettiva di modellare il flusso di falda in condizioni insature), la desaturazione potrà estendersi ulteriormente verso la porzione occidentale del sito, fino ad interessare l'intero sito in magra estrema: anche se non sono disponibili le simulazioni modellistiche, questo scenario si può attendere con ragionevole certezza, alla luce di quanto già osservato sul sito nelle condizioni di magra estrema di ott-21, mar-22, apr-22, mag-22 e ago-22 (in assenza di palancolato e diaframature). Considerando tali occorrenze passate, e alla luce degli scenari previsionali dei Progettisti, la diaframatura perimetrale non potrà che aumentare la desaturazione per il sito. Le alluvioni potranno ricevere alimentazione idrica esclusivamente dal basso, dal substrato calcarenitico, a differenza di quanto avviene in condizioni naturali con alluvioni che alimentano le calcareniti; per le caratteristiche del substrato calcarenitico, meno permeabile delle alluvioni, sulla base dei parametri ipotizzati dai Progettisti per tale mezzo, è improbabile che si inneschino portate significative di travaso dalle calcareniti alle alluvioni, fatte salve situazioni locali legate a fratture, faglie o condotti carsici. D'altro canto gli ampi margini di incertezza sul comparto calcarenitico, più volte evidenziati dagli stessi Progettisti, rendono certamente di difficile previsione il travaso da calcareniti ad

alluvioni che potrà innescarsi, e gli scenari previsionali rappresentati potrebbero anche rivelarsi piuttosto distanti dalla realtà.

In ragione di questi aspetti, l'ottimizzazione dei sistemi di emungimento deve essere inclusa nella Fase 1, non può essere rimandata in toto alla Fase 2. Per il completamento del confinamento laterale sono previsti 4 anni: i sistemi dovranno essere adattati anche in corso d'opera, in funzione di come evolverà il campo di moto piezometrico, allo scopo di mantenere il più possibile efficace il barrieramento idraulico, nell'attesa che sia completato il barrieramento fisico. E sarà necessario un loro adattamento anche dopo il completamento del diaframma esterno, ma entro il termine di Fase 1; altrimenti il rischio è di terminare la Fase 1 con una nuova configurazione geometrica del sito e del campo di moto piezometrico, ma con sistemi di emungimento non più adeguati.

A tale proposito, in riferimento al **Cap. 8.3.4. Sistemi di emungimento e trattamento acque**, e all'affermazione *“Per quanto riguarda i sistemi di emungimento a seguito della realizzazione delle opere di confinamento previste, non è possibile ad oggi valutare l'assetto futuro dei sistemi di emungimento in termini di numero di pozzi attivi o portate target.”* si ritiene che alcune previsioni possano quantomeno essere ipotizzate già in questa sede, alla luce degli scenari previsionali definiti dai Progettisti, pur tenendo conto delle incertezze associate ad alcuni parametri (soprattutto del comparto calcarenitico).

Nelle due simulazioni modellistiche eseguite (entrambe su condizioni di morbida) la distribuzione finale dei carichi idraulici internamente al sito individua ampie porzioni di sito desaturate, dove presumibilmente sarà pressoché impossibile emungere volumi idrici rilevanti, soprattutto nei regimi di magra e intermedia (non simulati). Pertanto, è logico attendersi che i pozzi filtranti solo o prevalentemente le alluvioni e ricadenti su tale area desaturata subiranno riduzioni di portata parziali o disattivazioni totali, risultato che dovrebbe emergere dalle simulazioni modellistiche.

Sia nella simulazione con MW20 a 108 m slm (presentata nel POB), sia in quella aggiuntiva con MW20 a 105 m slm, restituita nelle integrazioni (Aecom, maggio 2026), osservando le carte piezometriche post operam solamente i punti POZZO L e POZZO M2 cadono su aree sature per il comparto alluvionale; tutti gli altri punti di emungimento sono posizionati su aree desaturate. In regimi di falda di intermedia/magra/magra estrema (non simulati) la situazione non potrà che essere analoga o peggiore, mancando il battente idrico esterno alla diaframmatatura.

Anche per gli emungimenti dal calcarenitico potranno rendersi necessarie integrazioni con nuovi punti al fine di coprire in modo efficace la porzione di sito a sud-ovest della faglia, dove manca il tappo di fondo naturale (substrato marnoso a bassa permeabilità).

Inoltre, alcuni pozzi delle barriere idrauliche si trovano a distanze di pochi metri dai futuri diaframmi: MW16 circa 1 m, POZZO M2 circa 5 m, POZZO M1 circa 7 m dal diaframma

perimetrale e così via per tutti i pozzi di Barriera Sud, ma anche AP2 a circa 2 m, AP1 ed MW05-new a circa 7 m dal diaframma MISF, per la Barriera di Alleggerimento. Si consideri che per effetto della realizzazione del palancolato lato est i pozzi MW19 e MW19-bis, posizionati a distanze di circa 5 e 1 m dal palancolato, sono risultati danneggiati, ma anche prosciugati (MW19-new non ha estratto volumi d'acqua da mar-26 a mag-26; MW19bis-new ha estratto solo 154 mc in 3 mesi, che corrisponde ad una portata media di 0,07 mc/h). Bisogna considerare l'ipotesi che tale problematica possa ripetersi ed in tal caso prevedere la riperforazione di tutta o parte di Barriera Sud in posizione arretrata rispetto al confine sud, affinché possa rimanere funzionale ed efficace nella sua azione di inversione del gradiente idraulico dall'esterno verso l'interno dei diaframmi.

In merito alla **Fase 2**, trattata in premessa (**Cap. 1.1** pag. 11) e poi richiamata negli obiettivi e strategia di intervento (**Cap. 8.2**), in riferimento a quanto illustrato a pag. 102, di seguito riportato:

PROGETTO OPERATIVO DI BONIFICA E
MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE

Project number: 60759619

Con particolare riferimento all'acquifero nell'orizzonte calcarenitico, si prevede il prosieguo degli interventi di emungimento e l'esecuzione di indagini integrative.

A valle della realizzazione delle opere descritte e di un idoneo periodo di monitoraggio, si avranno a disposizione una serie di elementi conoscitivi per meglio definire la successiva **Fase 2**:

- effetti di desaturazione nelle differenti porzioni del sottosuolo
- risultati dei test pilota
- identificazione delle porzioni residue su cui intervenire, alla base dell'alluvionale
- maggiori conoscenze stratigrafiche ed idrogeologiche del calcarenitico
- individuazione delle porzioni maggiormente produttive del substrato calcarenitico
- individuazione dei trend evolutivi delle concentrazioni residuali presenti
- individuazione dei regimi idraulici ottimali per il governo delle fluttuazioni dei livelli di falda.

Sulla base degli elementi sopra sintetizzati si potrà sviluppare una **Fase 2** che sarà focalizzata su:

- bilanciamento dei flussi basali e di quelli emunti dal calcarenitico
- distribuzione dei pozzi e delle portate di emungimento
- azioni mirate e localizzate di *In Situ Soil Stabilization* e *In Situ Adsorption*
- definizione di eventuali ulteriori interventi sul calcarenitico

essa appare piuttosto indefinita e per certi aspetti poco realistica.

Gli aspetti problematici che rimangono "aperti" (tra cui lo spessore del calcarenitico e il suo stato ambientale) vengono genericamente dirottati alla Fase 2, che viene definita "eventuale". La Fase 2 non è compresa nel cronoprogramma e nella stima dei costi. Le opere previste per Fase 1 devono essere progettate in modo tale da non pregiudicare poi interventi e opere necessari per la Fase 2. Ad esempio, l'impermeabilizzazione superficiale potrebbe rendere di fatto tecnicamente molto complessi tutti gli interventi dalla superficie (nuove indagini, nuovi pozzi, punti di iniezione di trattamenti in situ, ...).

Al **Cap. 9.1 - Indagini integrative** sono previsti circa 41 sondaggi a carotaggio continuo con profondità stimate di massimo 30 m da p.c. Considerando questa profondità, le maggiori conoscenze stratigrafiche ed idrogeologiche attendibili per il calcarenitico potranno essere unicamente: quota della superficie di top del substrato, descrizione stratigrafica entro la profondità massima prevista di 30 m da p.c. (ma nell'area sud-ovest del sito il substrato calcarenitico si sviluppa oltre tale profondità); K di questa porzione iniziale di substrato, ricavata da prove di permeabilità nel substrato di intestazione.

Al **Cap. 10** sono illustrati i **TEST PILOTA / CAMPI PROVA**, da realizzarsi dopo il completamento delle opere e dopo un adeguato periodo di monitoraggio (non precisato). I test pilota vengono pertanto proposti come integrativi a supporto della strategia d'intervento. Nel cronoprogramma sono posizionati tra l'anno 4 e l'anno 5, al termine del diaframma perimetrale. Le due cose sembrano discordanti.

In situ soil stabilization: con focus sui suoli e protocollo sperimentale basato sui test di cessione (prima e dopo le applicazioni). Ne è prevista la realizzazione nelle aree maggiormente impattate dalla presenza di PFOA e PFOS (poligoni con rischio non accettabile da ADR) all'esterno del perimetro interessato dagli interventi di MISP (area nord-est), prelevando campioni a una profondità compresa tra i 6 e i 12 metri (corrispondente alla residua escursione della falda post-realizzazione delle opere di confinamento).

In situ adsorption: immissione di CAC in falda, con l'obiettivo di trattare una porzione di suolo saturo afferente a entrambi gli acquiferi. Viene ipotizzato un campo prova in prossimità di MW32 e MW32bis, ma si rileva che, in base ai risultati delle simulazioni previsionali in condizioni di morbida, tali piezometri cadrebbero su aree in cui le alluvioni saranno completamente desaturate e pertanto si presume sarà impossibile agire sull'acquifero alluvionale; inoltre, i punti di monitoraggio limitrofi individuati per il monitoraggio saranno secchi o avranno battenti idrici molto ridotti, che di fatto li renderanno non campionabili. Il layout di prova, seppur preliminare, sembra progettato sulle condizioni piezometriche attuali, non su quelle attese al termine delle opere previste.

In base a quanto si evince dai risultati delle simulazioni previsionali, le opere di confinamento ingegnerizzato previste dal progetto potrebbero impedire su buona parte del sito la sperimentazione o l'applicazione di tecnologie di trattamento delle acque di falda contenute nelle alluvioni, perché esse saranno quasi completamente desaturate. Forse rimarranno applicabili all'acquifero calcarenitico; in Tabella 8-1 si scrive per queste tecnologie che sono "potenzialmente applicabili anche all'orizzonte calcarenitico"; il termine potenzialmente lascia intendere che non ci sia prassi applicativa consolidata in questo tipo di mezzi fratturati.

In merito al **Cap.11 - Interventi di confinamento e copertura** si ricava che la porzione di sito delimitata dal diaframma interno che chiuderà l'area ex impianti (qui chiamato diaframma MISP) avrà un naturale tappo di fondo (substrato marnoso); la restante porzione di sito sarà priva di tappo di fondo, in quanto il diaframma perimetrale è progettato per intestarsi sul substrato calcarenitico lungo tutto il confine sud del sito e quasi tutto il confine ovest (ad eccezione della zona più settentrionale tra MW20 e MW38 dove dovrebbe intestarsi su marne e argille). La linea di separazione tra le due aree è rappresentata dalla faglia principale individuata sul sito, che ha l'effetto di rialzare la soglia marnosa sulla porzione nord-est del sito o ribassare il substrato calcarenitico sulla porzione sud-ovest. Rispetto al **modello geologico concettuale**, si rilevano diverse incongruenze tra i due modelli geologici concettuali disponibili, ed un grado di incertezza ancora significativo rispetto ad elementi potenzialmente determinanti sia sulla progettazione delle diaframature, sia sulla valutazione di effetti ed efficacia.

Si condivide l'impossibilità tecnica di realizzare con iniezioni un tappo di fondo per l'intero sito o per la porzione sud-ovest di sito, priva del naturale tappo di fondo (substrato marnoso).

Si nutrono forti perplessità in merito all'affermazione *“Per quanto riguarda il calcarenitico il gradiente positivo della falda e l'emungimento dai pozzi attivi permette una efficace rimozione della contaminazione residuale presente.”* (pag. 130). Considerate le caratteristiche intrinseche del comparto calcarenitico, le incertezze relative alla sua caratterizzazione idrogeologica e al suo stato di contaminazione (stima delle masse non possibile), si ritiene che non vi siano elementi tecnici sufficienti a comprovare che l'instaurarsi di un flusso dal basso verso l'alto nelle calcareniti possa contribuire a decontaminare il mezzo fratturato in modo determinante; questo anche alla luce dei dati sperimentali raccolti sul sito negli anni della MISO, relativi all'estrazione di acqua (portate e volumi estraibili) e contaminanti disciolti (masse). I monitoraggi in fase post operam dovranno eventualmente appurare il verificarsi di questo supposto fenomeno.

Come tecnologia di scavo (**Cap. 11.2**) si indica la benna mordente operante all'interno di una trincea stabilizzata con sospensione bentonitica, al fine di garantire la stabilità delle pareti durante l'avanzamento (barriera bifase). Questa tecnologia è applicabile anche al substrato roccioso, calcarenitico o marnoso? O richiederà la perforazione di fori di alleggerimento?

Al **Cap. 11.2.4.3** sono illustrate le **verifiche ad opera completata**.

“Il monitoraggio della funzionalità del diaframma plastico consisterà nella verifica dei livelli piezometrici tramite l'utilizzo di coppie (interno/esterno al nuovo diaframma) di piezometri, secondo il piano di monitoraggio riportato al par. 15.1.”

Non sono individuate chiaramente le coppie di piezometri che saranno utilizzate per le verifiche delle diaframature, di entrambe; manca una rappresentazione planimetrica dell'intero sito.

Non sono definiti chiaramente i criteri di verifica dell'efficacia di contenimento dell'opera: dislivello piezometrico tra interno ed esterno? Di quale entità? Dislivello piezometrico tra alluvioni e calcareniti? Di quale entità?

2. Simulazioni modellistiche previsionali per la verifica degli effetti delle opere in progetto (Cap. 13)

All'interno del POB viene presentato il nuovo modello Aecom 2026 (**Allegato 4** al POB), che è una versione aggiornata e sostanzialmente rivista rispetto all'ultima versione.

Le variazioni più importanti sono:

- integrazione delle indagini geognostiche più recenti (piezometri anni 2023-25);
- rimozione della zona a bassissima permeabilità nella zona est (in prossimità del Poscola), che non era supportata da dati sperimentali; al suo posto è stata introdotta la presenza di una lunga faglia che si sviluppa circa parallelamente al torrente Poscola; tale struttura compare da questo documento (che rivede in modo sostanziale l'assetto delle faglie), e porta a dedurre che il palancolato lato est sarebbe stato realizzato circa in corrispondenza di questa struttura. Non sono illustrati chiaramente i dati sperimentali a supporto di tale ipotesi.

Al Cap. 13 è presentata l'implementazione nel modello degli interventi previsti: 1) confinamento laterale completo sul perimetro del sito; 2) confinamento sorgenti area nord-est; 3) capping superficiale; 4) mantenimento barriere idrauliche, con emungimenti rimodulati. Le simulazioni sono condotte ipotizzando condizioni di morbida ed in regime transitorio. Viene presentata un'analisi di sensitività con K di calcareniti e marne incrementate.

L'efficacia degli interventi proposti è valutata in termini di:

- Differenza di carico idraulico tra aree interne ed esterne alle opere di confinamento
- Evoluzione temporale dei carichi idraulici simulati su una selezione di piezometri interni al sito
- Distribuzione planimetrica degli abbassamenti (planimetrie consegnate nelle integrazioni, dietro richiesta degli Enti)
- Evoluzione temporale del bilancio idrico del sistema.

In merito al regime transitorio e ai parametri di immagazzinamento utilizzati per le diverse unità idrogeologiche, le informazioni restituite nel riscontro (Aecom, maggio 2026) sollevano alcuni

dubbi. Viene indicato per il comparto alluvionale un valore di S_s pari a 0,0015, senza indicazione dell'unità di misura ($1/m$?). Non viene fornito il valore di S_y (Specific Yield), parametro necessario per gli acquiferi in condizioni libere o freatiche, che è diversi ordini di grandezza superiore ad S_s ; per le litologie del comparto alluvionale può essere dell'ordine di 0,20-0,30, approssimativamente è atteso su valori simili alla porosità efficace (n_e , che nell'AdR è considerata pari a 0,25).

Si deve ricavare che il comparto alluvionale è stato simulato in condizioni confinate? Tale approssimazione modellistica potrebbe falsare in modo significativo sia le portate emunte dal comparto alluvionale (che è un acquifero libero, con immagazzinamento idrico ben superiore a quello di un confinato), sia i tempi di svuotamento del sito restituiti dai Progettisti per la fase post operam, che in effetti appaiono piuttosto ottimistici: da Figura 13-3 si evince che lo "svuotamento" del sito fino ai livelli dinamici stabilizzati (e portate stabilizzate) avverrebbe entro i primi 10-20 giorni da completamento delle diaframature (immaginandole applicate istantaneamente).

Si segnala inoltre che le K utilizzate per le diverse unità (depositi alluvionali, substrato calcarenitico e substrato marnoso) sono anisotrope, con $K_z = K_{x,y} / 10$ (Tabella 3 di Allegato 4); le K riportate in Tabella 13-4 del Cap.13 sono le K_x , ma nelle simulazioni previsionali a diaframature completate sono principalmente le K_z a regolare lo scambio idrico tra calcareniti e alluvioni al fondo del sito, il gradiente idraulico sulla verticale e i dislivelli piezometrici che si genereranno tra esterno e interno.

Nelle **simulazioni previsionali (Cap. 13.2)** le opere di confinamento sono simulate con spessore 1 m, $K 10^{-8}$ m/s, profondità tra 18 e 25 m da p.c., ed immersione di almeno 1 m nel substrato a minore K . Il capping superficiale è simulato con inefficienza 10% e genera un'infiltrazione efficace residua pari a 53,2 mm/anno.

Sono simulate condizioni di morbida con carico idraulico al piezometro MW20 = 108 m s.l.m. (è una morbida significativa, il regime di morbida inizia da 105 m s.l.m.). Nelle integrazioni sono simulate le condizioni corrispondenti alla soglia di passaggio da morbida a intermedia, con carico idraulico a 105 m s.l.m., definendole condizioni di intermedia. Si evidenzia che le condizioni di intermedia sarebbero quelle comprese tra 99 e 105 m s.l.m., per quanto definito nel Manuale di gestione barriera idraulica (Tabella 6, pagina 52).

Nella simulazione MW20 = 108 m s.l.m., la portata iniziale barriera è di 203 mc/h, che poi si assesta su 128 mc/h. Per l'altra simulazione non sono state fornite le portate.

Nel grafico di Figura 5 sono rappresentati i valori soglia di carico idraulico in MW20: la morbida di 108 m s.l.m. (linea blu) negli ultimi 6 anni è stata raggiunta solo per pochi mesi, nella primavera del 2024. Nelle integrazioni richieste è stato simulato anche lo scenario con carico idraulico al

piezometro MW20 = 105 m s.l.m., che rappresenta la soglia di passaggio dalla morbida all'intermedia.

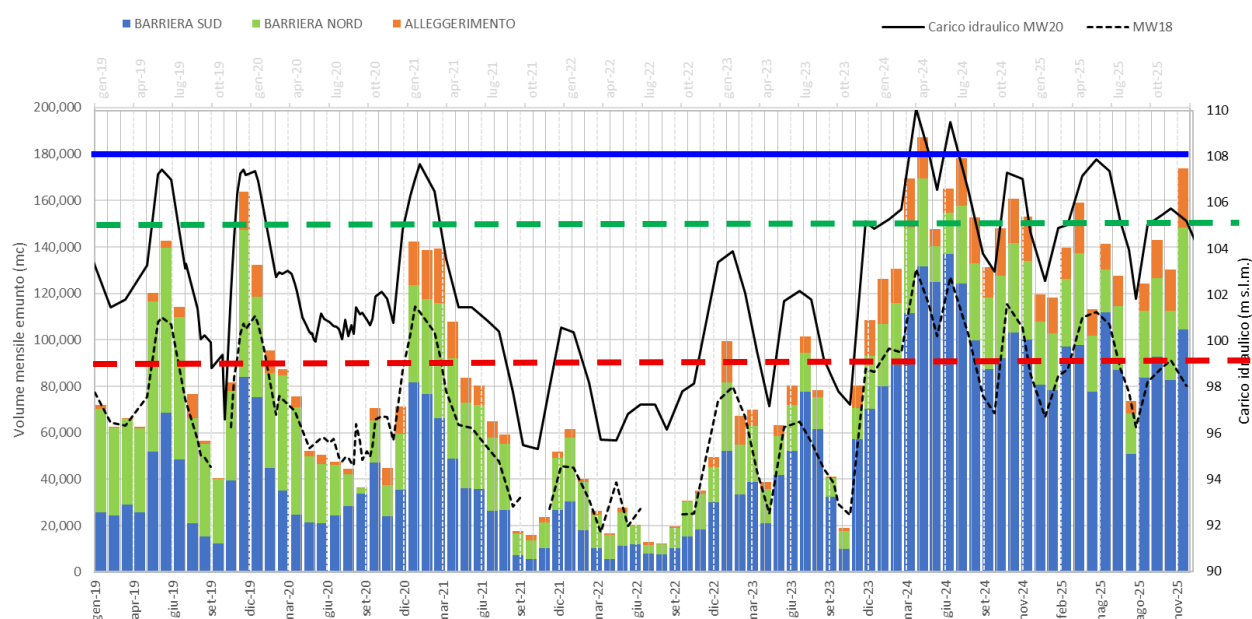


Figura 5. Volumi mensili emunti (in mc) dalle barriere idrauliche dal 2019 al 2025, confrontati agli andamenti del carico idraulico ai piezometri MW20 e MW18 (in m s.l.m.); indicazione delle soglie di passaggio tra regimi idrologici, individuate dai Progettisti.

Come per i precedenti studi modellistici, le condizioni con carichi idraulici più bassi probabilmente non vengono simulate per l'impossibilità di modellare il flusso di falda con ampie porzioni di dominio insature (tra cui il sito oggetto di studio). Questo limite oggettivo viene acuito in queste simulazioni previsionali dai diaframmi di progetto, che vanno a desaturare ulteriormente il sito, rispetto alle condizioni naturali (la simulazione delle condizioni di magra con il carico idraulico più basso era stata quella con MW20 = 99 m slm, Aecom, maggio 2023).

Nel progetto si afferma che lo scenario di morbida a 108 m s.l.m. sia *“il più gravoso in termini di bilancio idrico e potenziali afflussi verso l'interno delle aree cinturate”*, e che la scelta di simulare tale scenario rappresenti *“un'ipotesi cautelativa ai fini del dimensionamento e della valutazione degli effetti degli interventi di progetto”*. E si conclude che *“il sistema è efficace anche negli scenari più gravosi, caratterizzati da regime di falda in condizioni di morbida...”*.

Si ritiene che tale scenario (morbida straordinaria a 108 m slm) sia invece il meno gravoso (il più favorevole) in riferimento al presunto contenimento della contaminazione all'interno delle opere di confinamento perimetrali: cosa succede invece quando i livelli di falda sono più bassi, con minore dislivello tra carichi idraulici esterni ed interni al sito e con barriere idrauliche che

vedono ridursi progressivamente le portate di emungimento? Si potrà ancora mantenere *“la depressione piezometrica interna necessaria ad assicurare il gradiente idraulico dall'esterno verso l'interno del sito”* (pag. 147 del POB)?

Sono gli stessi Progettisti ad individuare come criterio di efficacia della tenuta della contaminazione il dislivello piezometrico tra interno ed esterno e l'inversione del gradiente idraulico, dalle calcareniti verso le alluvioni e dall'esterno verso l'interno rispetto al confinamento. A pag. 152 si afferma: *“Tali condizioni garantiscono il mantenimento dell'inversione del gradiente idraulico e, conseguentemente, l'efficace contenimento delle acque sotterranee contaminate all'interno delle zone confinate dalle opere in progetto”*.

Se viene a mancare l'inversione del gradiente idraulico, è logico attendersi che verrà conseguentemente a mancare l'efficace contenimento delle acque sotterranee contaminate all'interno delle zone confinate dalle opere in progetto.

Sulla sezione L-L' (Tavola 3b di progetto) riportata in Figura 6 sono riportati i carichi idraulici massimi e minimi assoluti misurati in MW20 dal 2013 ad oggi. Andando verso condizioni di magra la “scatola” perimetrata dal confinamento tende a svuotarsi progressivamente e la differenza di carico idraulico tra esterno ed interno tenderà progressivamente a 0, e contestualmente le portate dei pozzi che emungono dall'alluvionale tenderanno ai valori minimi.

Nel **Cap. 13.3 - Risultati delle simulazioni previsionali e analisi di sensitività** gli output sono presentati sino a 100 giorni in termini di carichi idraulici presso 4 piezometri: MW02, MW48, MW22, POZZO D. Si ribadiscono le perplessità esposte alla luce dei parametri di immagazzinamento utilizzati per l'alluvionale.

E' stata poi fornita ad integrazione una mappa raster degli abbassamenti $H_0 - H_{100}$ nel comparto alluvionale su tutto il dominio di modellazione, dove gli abbassamenti sono calcolati come differenza tra il raster H_0 e il raster H_{100} , intendendo con H_{100} il carico idraulico nel comparto alluvionale calcolato dalla simulazione di progetto e H_0 il carico idraulico nel comparto alluvionale calcolato da una analoga simulazione di morbida rappresentativa dello stato attuale (con identiche condizioni al contorno e solo palancolato lato est). Sia per la simulazione MW20 = 108, sia per quella integrativa MW20 = 105 m slm.

Per MW20 = 108 m slm gli abbassamenti variano tra circa 12 e 9 m nella scatola grande e tra circa 12 e 8 nella scatola piccola (MISP). Per MW20 = 105 m slm gli abbassamenti variano tra circa 10 e 7 m nella scatola grande e tra circa 8 e 5 m nella scatola piccola (MISP). Man mano che il carico idraulico della Val d'Agno diminuisce, l'abbassamento generato dalle opere di confinamento e dalle barriere idrauliche diminuisce progressivamente; è logico attendersi che anche la portata complessiva emunta dalle barriere diminuisca progressivamente.

Procedendo verso condizioni di magra i presunti benefici delle opere sul contenimento della contaminazione nelle zone più profonde (bottom delle alluvioni e calcareniti) ragionevolmente saranno sempre meno attendibili.

L'analisi di sensitività eseguita sulla K delle calcareniti (e delle marne) mostra una significativa influenza di questo parametro sui risultati del modello. Questo parametro è affetto da un significativo grado di incertezza, come più volte segnalato nel testo: *“è tuttavia importante evidenziare che, allo stato attuale delle conoscenze, il parametro conducibilità idraulica dei comparti calcarenitico e marnoso, che regola gli scambi idraulici tra l'acquifero alluvionale e il substrato roccioso sottostante, è affetto da un certo grado di incertezza”*.

Gli effetti attesi per le opere in progetto dipendono essenzialmente dai parametri del comparto calcarenitico, che sono quelli affetti dal maggior grado di incertezza allo stato attuale delle conoscenze. Le indagini integrative dovranno colmare queste lacune conoscitive, affinché le previsioni possano divenire più robuste.



3. Analisi del modello geologico concettuale alla base del POB

Per meglio comprendere il modello geologico concettuale che sta alla base del POB, sono state richieste alcune integrazioni tecniche, poi ricevute a maggio 2026. In particolare, si voleva verificare come le diaframature di progetto si posizionassero rispetto al modello geologico 3D, con particolare attenzione all'estensione e geometria del substrato marnoso che teoricamente rappresenterà il tappo di fondo naturale per l'area con diaframmatura MISP.

Rispetto al punto 3) si rileva che nel modello 3D Leapfrog non sono visibili le diaframature. Rispetto al punto 4) la mappa è stata restituita per l'area MISP, ma non è visibile dove termina il substrato marnoso al di fuori di tale area.

Quindi sono state analizzate le sezioni geologiche elaborate da Aecom e presentate all'interno del progetto di MISO (feb-26) e nelle integrazioni (mag-26); esse sono state confrontate alle precedenti sezioni Aecom (presentate per la prima volta a mag-23 nel documento del modello numerico Feflow), ed alle sezioni geologiche elaborate da WSP per Eni Rewind (presentate nel report di fine indagini, feb-23).

Si rileva che si tratta di 3 diversi modelli concettuali e che emergono differenze sostanziali sul tema delle faglie nel substrato roccioso (calcarenitico e marnoso):

- 1) la faglia individuata da WSP (faglia principale, identifichiamola qui con F1) è effettivamente necessaria a spiegare la geometria del substrato marnoso, presente ad est della faglia ed assente ad ovest;
- 2) Aecom nel primo modello geologico (mag-23) per la stessa faglia (F1) restituisce una traccia planimetrica che nella porzione nord si discosta da quella di WSP; introduce però altre 4 faglie, una parallela ad F1 ed ubicata più a ovest, ma molto più corta, che passa tra il cluster MW57 ed il cluster MW51 (F2); altre 3 faglie circa perpendicolari ad F1, che partono da essa e si sviluppano in direzione est fino all'alveo del Poscola e poco oltre (F3, F4, F5). Per queste quattro faglie aggiuntive non è chiara la necessità di introdurle sulla base delle stratigrafie utilizzate: nelle sezioni è evidente come esse non producano rigetti significativi; in alcune delle sezioni recenti alcune di queste faglie non sono nemmeno tracciate (Tavola 3b sezione LL' ad esempio sul tratto di palancolato esistente).
- 3) a partire dalla carta freaticometrica di Gennaio 2026 e all'interno del POB (febbraio 2026), Aecom modifica in modo sostanziale la distribuzione delle faglie: F1 viene allungata fino oltre nord e a sud del sito, anche su aree dove non sono disponibili dati stratigrafici (quali dati sperimentali supportano l'ipotesi se non ci sono sondaggi?); compare una nuova faglia (F6) a nord del sito e ad ovest di F1, con direzione ONO-ESE, anche questa su un'area priva di dati geognostici; compare una nuova faglia (F7) circa parallela ad F1, che si sviluppa per tutta la lunghezza del sito e anche oltre, sia a nord che a sud, praticamente coincidente con l'alveo del Torrente Poscola. Non è chiara la necessità di

introdurre questi nuovi elementi: quali sono i dati che ne giustificano la presenza? Perché non è mai emersa prima, anche considerando tutte le indagini eseguite per la progettazione del palancolato (Aecom nel 2020, WSP nel 2022)? La realizzazione del palancolato lato est permette di confermare questa ipotesi geologica?

Di seguito tre planimetrie che illustrano le 3 diverse distribuzioni di faglie; sono rappresentati altri elementi utili: le tracce delle sezioni, i punti geognostici disponibili, il palancolato esistente lato est e lo sviluppo dei diaframmi previsti da POB (interno area MISP e perimetrale), che andranno ad agganciarsi al palancolato esistente.

Si rileva che le zone di intersezione tra opere e faglie variano in modo sostanziale tra modello 2 e modello 3.

Nelle ricostruzioni freaticometriche per il substrato calcarenitico alcune faglie del modello Aecom sembrano agire da limiti impermeabili (le isopieze sono tracciate perpendicolari alle faglie).

Dal POB non si evince come i Progettisti si attendono che tali faglie potranno agire rispetto alle opere e se potranno avere implicazioni rispetto alla loro futura efficacia.

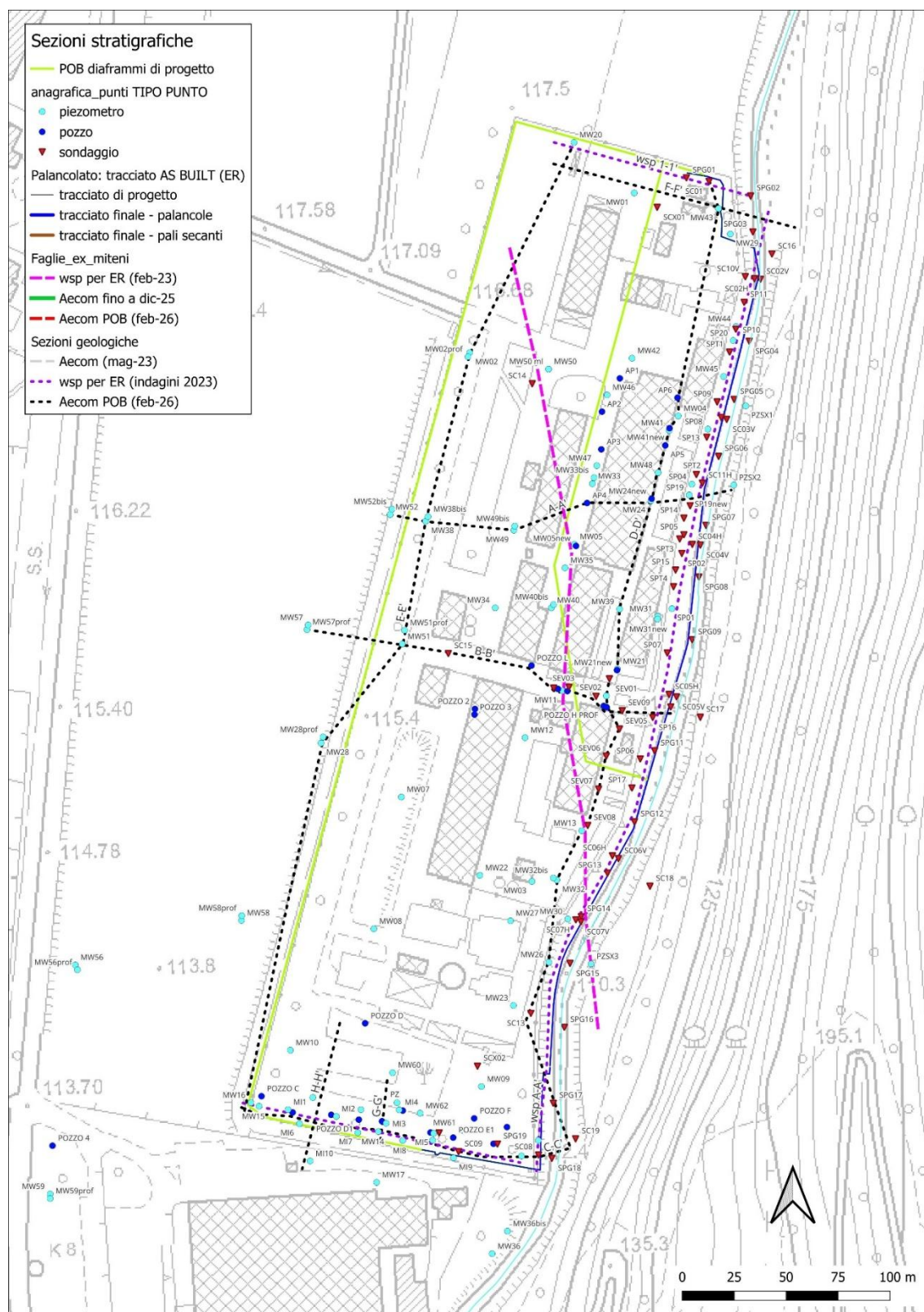


Figura 7. Faglia (F1) individuata da WSP – linea rosa tratteggiata (da WSP, 2023).

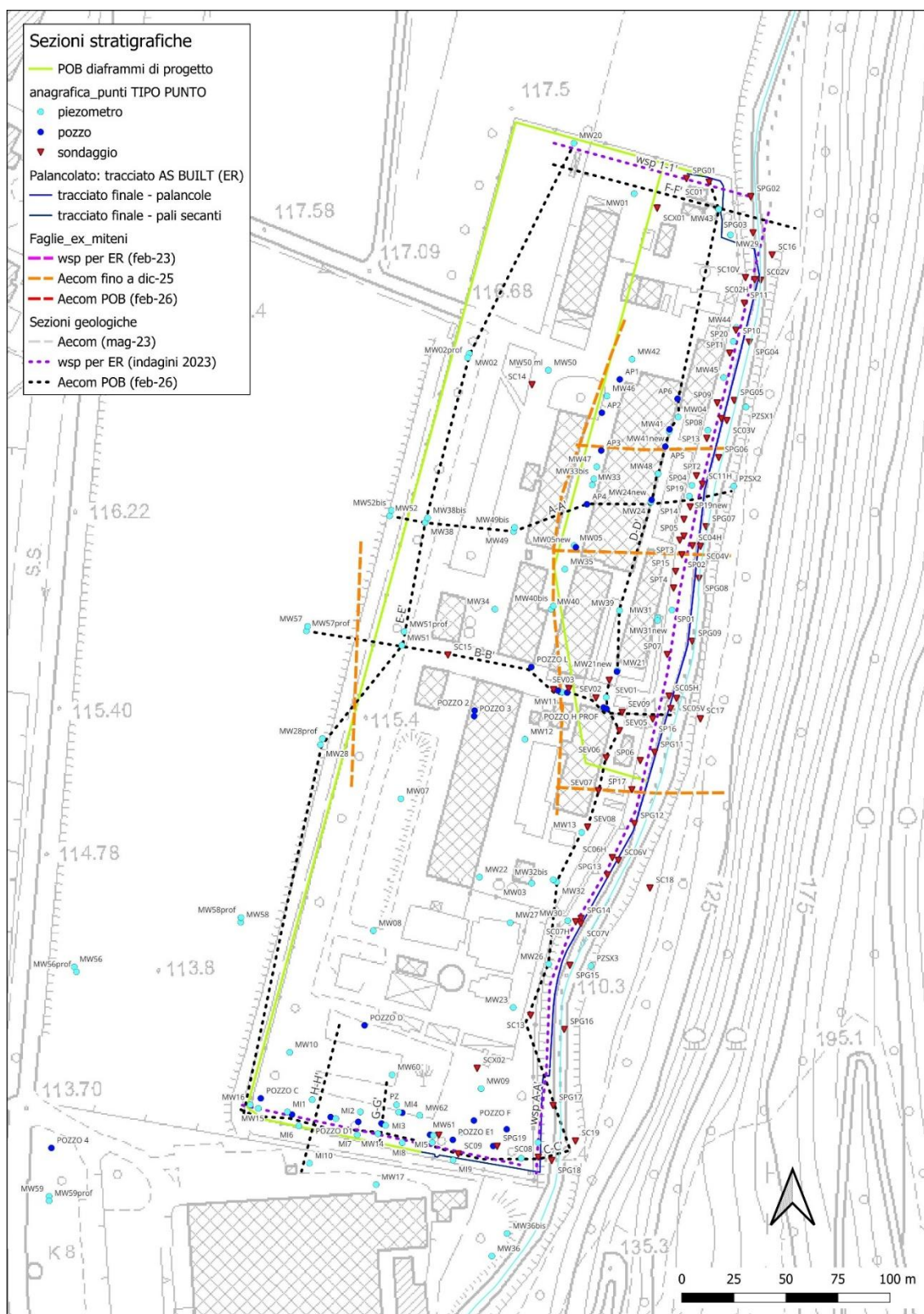


Figura 8. Faglie (linee arancio tratteggiate) individuate da Aecom nel primo modello geologico concettuale (fino a dic-25).

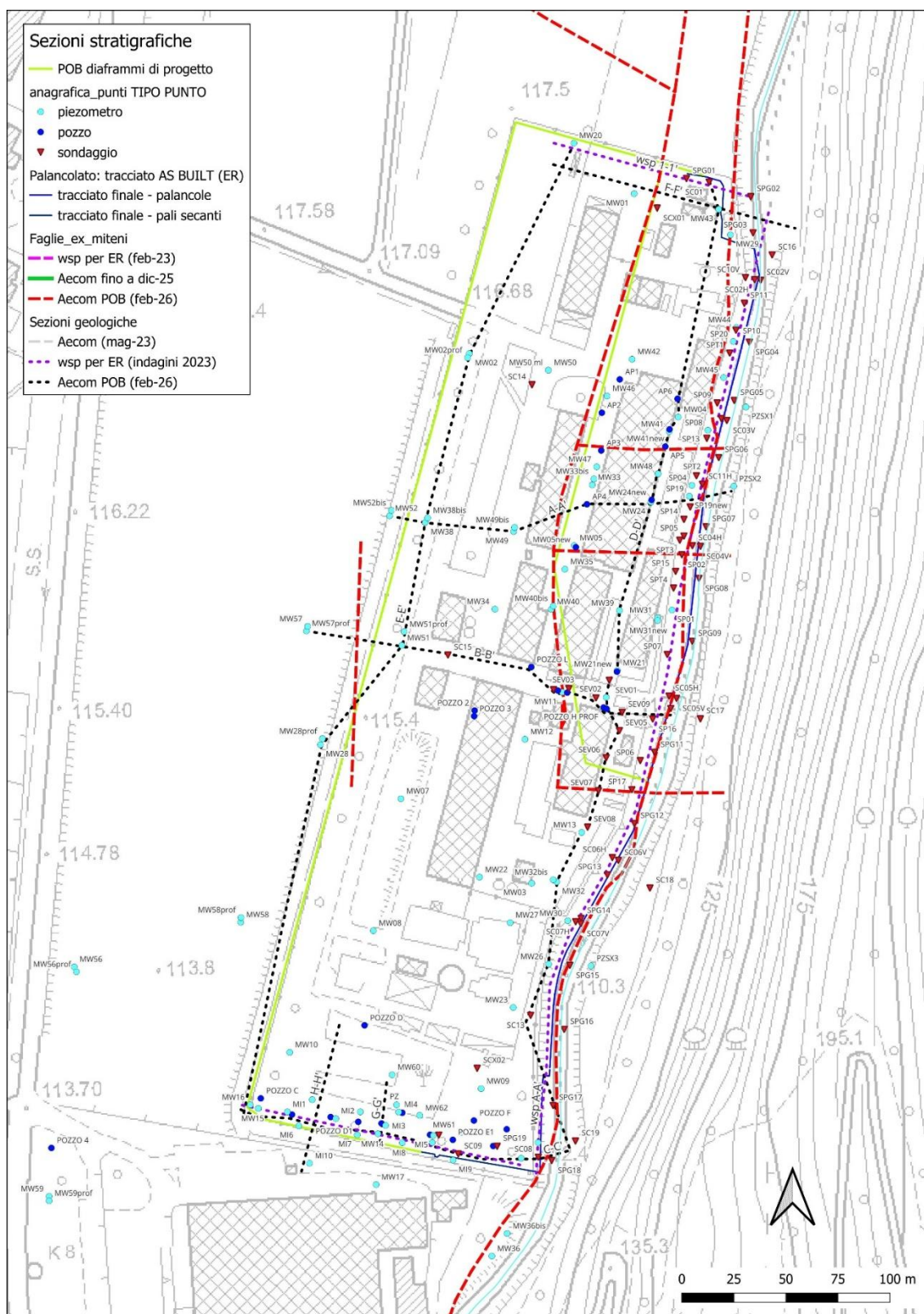
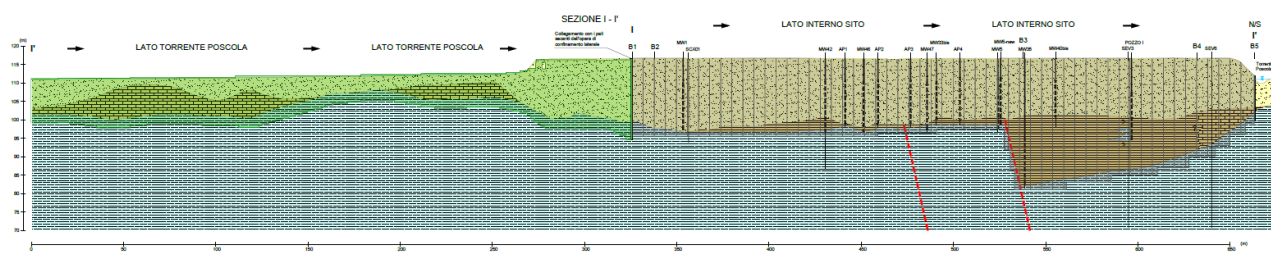


Figura 9. Faglie individuate da Aecom (linee rosse tratteggiate) nel nuovo modello geologico concettuale illustrato nel POB ed utilizzato nel nuovo modello numerico (Allegato 4 al POB).

Di seguito alcuni commenti specifici sulle sezioni geologiche disponibili all'interno del POB e delle integrazioni.

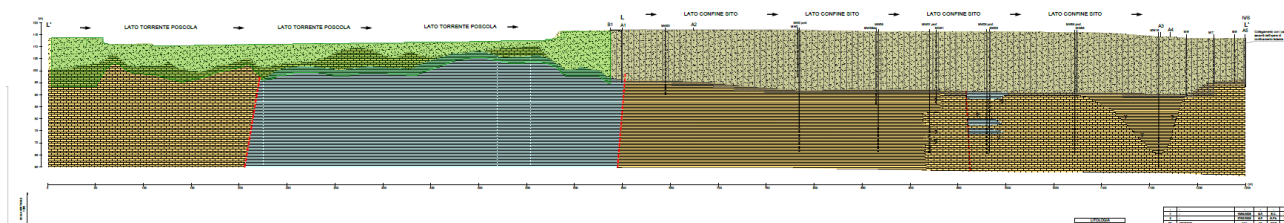
Sezione I-I' (diaframma area MISP)



Esagerazione verticale 2:1

- la ricostruzione geologica sul tratto con palancolato esistente è stata confermata/validata dalle lavorazioni di posa del palancolato?
- secondo il modello Aecom questo tratto di sezione (palancolato esistente) dovrebbe intersecare due faglie (F3 e F4) con direzione O-E, che non sono riportate in sezione
- la ricostruzione senza queste faglie è coerente con quella di WSP (porzione nord della sezione A-A')
- dall'intersezione con la faglia fino al Poscola c'è un'area con maggiori incertezze stratigrafiche ed il tetto del substrato marnoso è più profondo, in ragione della faglia F1: la sezione rappresenta il fondo del diaframma sul livello di marne più profondo, fino a 35 m: è fondamentale che tale profondità sia effettivamente raggiungibile con la diaframmatrice, affinché si possa considerare MISP.

Sezione L-L' (diaframma perimetrale)

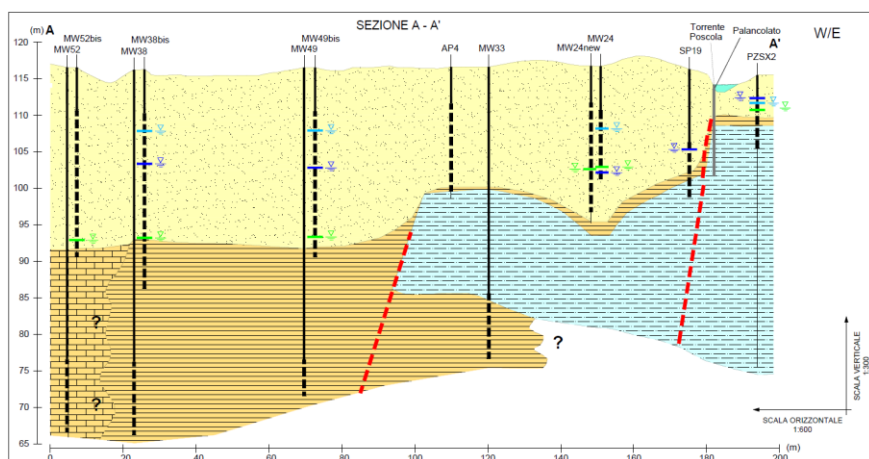


Esagerazione verticale 2,5:1

- la ricostruzione geologica è confermata/validata dalle lavorazioni di posa del palancolato?

- la ricostruzione geologica è abbastanza coerente con quella di WSP (sezione A-A'), ad eccezione della diversa posizione della faglia F1;
- in generale sembra poco robusta la ricostruzione stratigrafica sul confine ovest, a causa di differenze importanti rilevate tra i logs stratigrafici disponibili; le indagini integrative dovranno risolvere le incertezze geologiche associate a quest'area;
- nella zona di Barriera Sud, guardando i logs stratigrafici, si evince che sia POZZO M2 che MW16 intercettano uno spessore importante di argille (e forse anche marne) che potrebbero agire localmente da tappo di fondo.

Sezione A-A' (Tavola 01 di Allegato 4 – modello numerico)



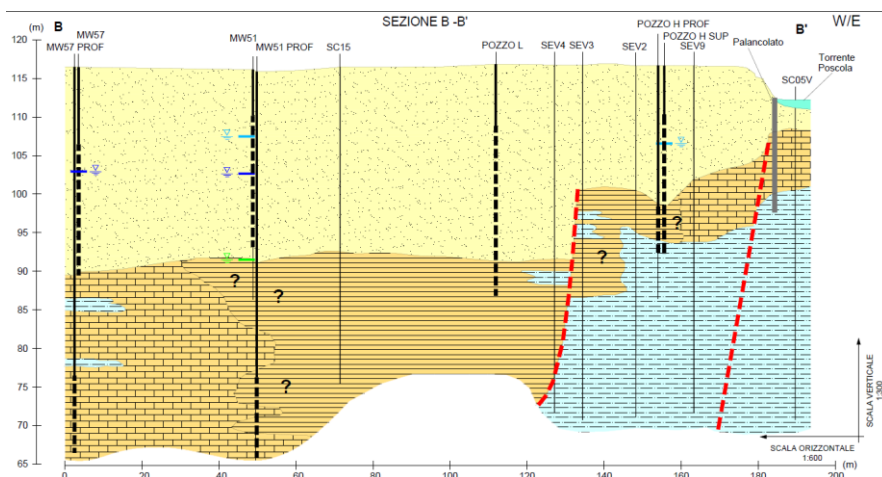
Esagerazione verticale 2:1

La faglia in corrispondenza del palancolato esistente è supportata da dati o osservazioni durante i lavori? Si rimanda alle perplessità espresse a inizio capitolo.

Si suggerisce di verificare le stratigrafie di MW24 e MW24-new, che sembrano non richiedere quell'avvallamento nel top delle calcareniti, necessario solo per il top delle marne.

Come si ricavava dalla precedente sezione, sul lato ovest permangono incertezze geologiche, evidenziate anche sulla sezione. Si rileva che le stratigrafie di MW38 (interno) e MW52 (esterno) sono molto diverse: nel primo viene intercettato uno spessore importante di argille (almeno 12 m), assente nel secondo.

Sezione B-B' (Tavola 02 di Allegato 4 – modello numerico)

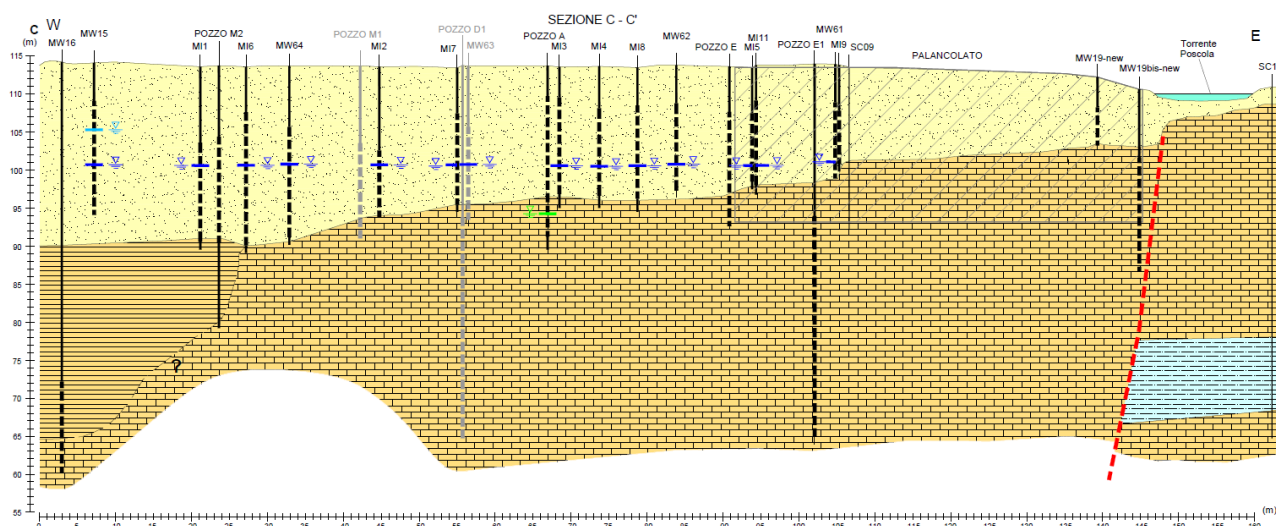


Esagerazione verticale 2:1

La faglia in corrispondenza del palancoolato esistente è supportata da dati o osservazioni durante i lavori? A che profondità il palancoolato ha incontrato le marne?

La ricostruzione nel lato ovest è ancora piuttosto incerta. Potrebbero esserci livelli a bassa permeabilità a profondità raggiungibili, nei quali intestare il diaframma. Come evidenziato nella sezione L-L' che in questa zona si interseca con questa sezione.

Sezione C-C' (Tavola 03 di Allegato 4 – modello numerico)



Nessuna esagerazione verticale 1:1

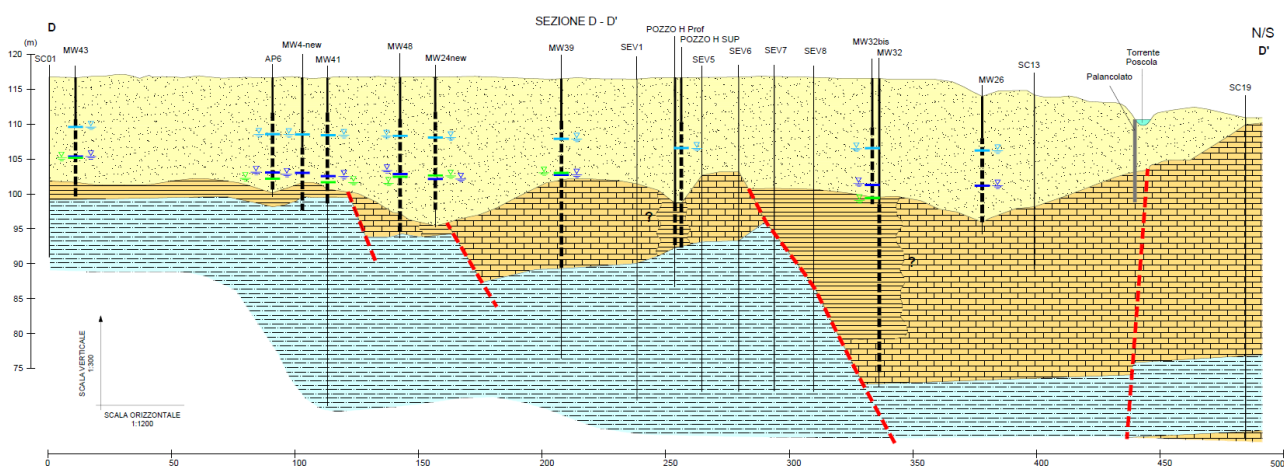
La sezione, allineata con Barriera Sud, è coerente alla sezione 2-2' WSP.

La faglia in corrispondenza del palancoolato esistente è supportata da dati o osservazioni durante i lavori? A che profondità il palancoolato ha incontrato le marne?

Ad est della faglia e del Poscola nel punto SC19, esaminando i logs stratigrafici, secondo Aecom ci sono marne, secondo WSP calcareniti grigie.

La zona con più margini di incertezza è a ovest: sia WSP che Aecom interpretano questa zona come un cappellaccio di alterazione delle calcareniti.

Sezione D-D' (Tavola 04 di Allegato 4 – modello numerico)



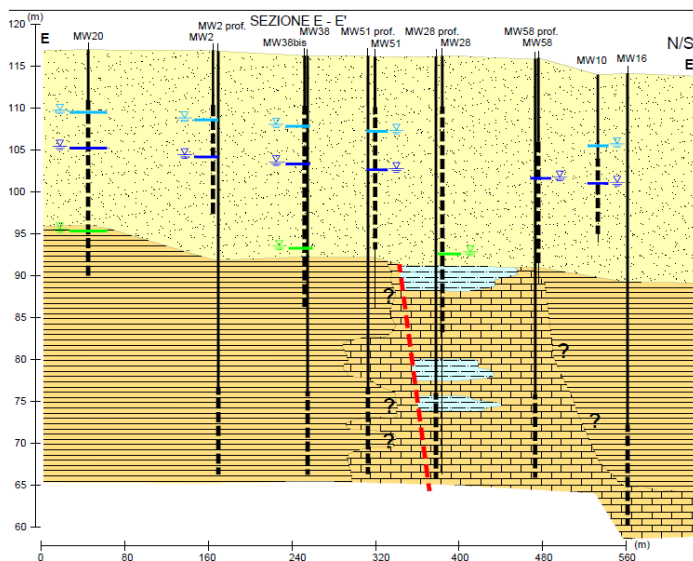
Esagerazione verticale 4:1

La sezione si sviluppa da nord a sud, più a ovest del Poscola e più a ovest della sezione A-A' di WSP; si avvicina al Poscola verso la fine della sezione (D').

Per la faglia sotto il Poscola valgono le stesse considerazioni di cui alle precedenti sezioni.

Da AP6 verso Nord l'analisi dei logs stratigrafici sembra non rilevare calcareniti, che invece sono rappresentate in sezione.

Sezione E-E' (Tavola 05 di Allegato 4 – modello numerico)



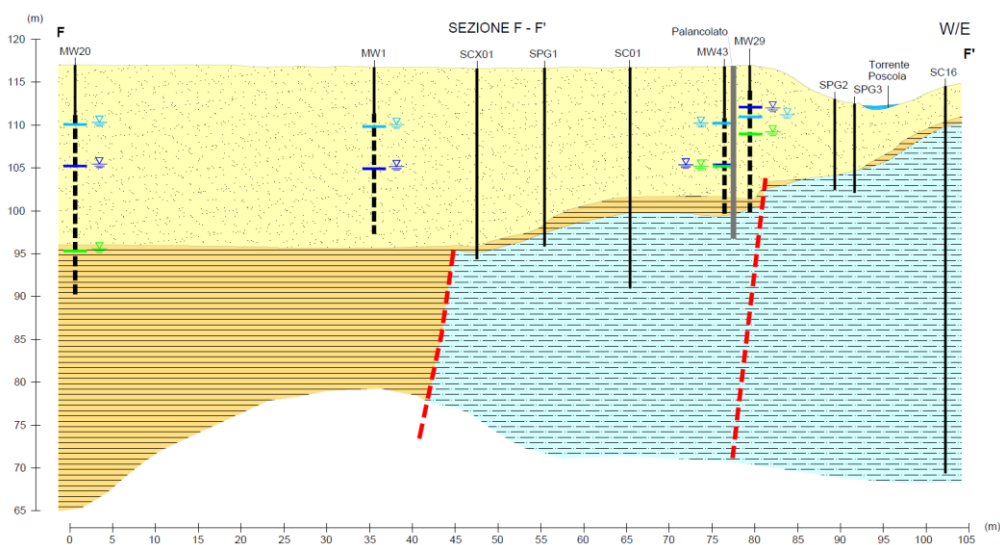
Esagerazione verticale 8:1

La sezione si sviluppa lungo il confine ovest, coincide con la traccia del DIAFRAMMA PERIMETRALE DI PROGETTO (rappresenta metà della sezione L-L').

Questa sezione è disegnata “compressa” rispetto alla sezione L-L'.

Si rimanda alle osservazioni puntuali esposte per la sezione L-L' nel tratto di sezione del DIAFRAMMA DI PROGETTO.

Sezione F-F' (Tavola 06 di Allegato 4 – modello numerico)



Nessuna esagerazione verticale 1:1

La sezione si sviluppa nella zona del baffo nord del palancolato esistente, fino al confine ovest. È Allineata con sezione 1-1' di WSP e con un tratto della sezione L-L'.

In questa sezione si rilevano significative incongruenze con la sezione 1-1' di WSP.

WSP non rappresenta faglie su questa sezione. Inoltre, rappresenta le alluvioni che poggiano direttamente sulle marne (senza quella lente sottile di calcareniti), di cui si trova conferma nei logs stratigrafici.

Al fondo di MW20 si intercetta il top delle marne, a profondità che sembrano in continuità con SCX01; pertanto, la faglia di sinistra sembra non necessaria. Analogamente per la faglia di destra, perché le quote del top delle marne si potrebbero raccordare anche senza quel gradino.

Non è chiaro sulla base di quali dati siano introdotte queste due faglie nel modello concettuale (quella più a est aggiunta da gennaio 2026).

La differenza è sostanziale ai fini del progetto, perché secondo il modello Aecom in questo spigolo NO il diaframma perimetrale si intesterebbe nelle calcareniti; secondo il modello WSP nelle marne.

Le sezioni potrebbero essere rappresentate considerando anche la K dei litotipi, più che in funzione della sola descrizione litologica. La K delle calcareniti dipende moltissimo dallo stato di fratturazione e dalla presenza/assenza di matrice fine. Anche il modello numerico dovrebbe tenerne conto, per fare simulazioni previsionali coerenti con il modello geologico, mentre allo stato attuale le calcareniti sono trattate come un mezzo poroso equivalente a K omogenea e anisotropa ($K_z = K_{x,y} / 10$).

Potrebbe aiutare nell'interpretazione riportare sulle verticali geognostiche:

- RQD e indice di fratturazione, come WSP
- quote falda max e min (WSP riporta tutte le misurazioni disponibili)
- K da prove Lefranc o da altre prove
- tratti fessurati di pozzi e piezometri, indicando quelli in emungimento

e riportare sulle sezioni i punti di intersezione con le altre sezioni (sia Aecom che WSP).

Sintesi

Su alcune aree si rilevano sostanziali differenze tra il modello geologico concettuale WSP per Eni Rewind (feb-23) e quello Aecom (feb-26), soprattutto in riferimento ad alcuni elementi geologici: faglie e substrato marnoso. Si rilevano inoltre alcune locali incongruenze tra le

colonne stratigrafiche / fotografie delle cassette catalogatrici e l'ultimo modello Aecom; e alcune incongruenze tra rappresentazioni planimetriche e sezioni geologiche.

Non è chiaro il motivo per cui siano state introdotte revisioni sostanziali al modello geologico Aecom proprio in sede di progettazione del POB; non si dispone di informazioni sufficienti a comprendere appieno le interpretazioni geologiche.

Il modello geologico andrebbe chiarito per quanto possibile, e andrebbero individuate e segnalate le principali "incertezze geologiche" che potranno influenzare la progettazione esecutiva dei diaframmi; con le indagini integrative si dovrà cercare di risolvere tali incertezze. Inoltre, il modello geologico è alla base del modello numerico e pertanto ne condiziona i risultati, quindi le previsioni in merito agli effetti idrogeologici delle opere in progetto.

4. Osservazioni finali

Alla luce di quanto illustrato nei capitoli precedenti, la valutazione del POB presentato porta alle seguenti osservazioni tecniche conclusive.

Si precisa innanzitutto che il Progetto Operativo di Bonifica e Messa in Sicurezza Permanente presenta degli elementi di estrema incertezza su alcuni aspetti la cui risoluzione viene rimandata a valle dell'acquisizione di ulteriori elementi conoscitivi oggi non disponibili: si citano, a titolo di esempio, le tecnologie di scavo e le modalità di realizzazione delle opere di confinamento (capitolo 11.2), la localizzazione puntuale dei vari pacchetti di copertura per le varie aree interne in funzione dell'utilizzo futuro del sito, che, al momento, ancora non è stato definito (capitolo 11.3.1), la quota del tetto dello strato di marna e dello strato di calcarenite alterata/fratturata nel quale intestarsi (capitoli 11.2.1 e 11.2.2).

Si propone quindi che ciascuna fase del POB debba essere sottoposta ad approvazione una volta che saranno approfonditi e disponibili tutti gli elementi ritenuti indispensabili per la progettazione esecutiva.

In altre parole, in ragione della complessità del sito e di quanto sommariamente proposto dalla Parte con elementi di notevole incertezza, si ritiene che ogni fase del cronoprogramma inserita nel POB debba essere preceduta da un documento progettuale esecutivo di dettaglio, che potrà essere valutato ed approvato dagli Enti.

Al termine di ogni fase del cronoprogramma, dovrà essere redatto un documento descrittivo di dettaglio relativo alle attività svolte (comprendente dei collaudi, laddove previsti) con report fotografico di dettaglio di ciascuna zona dello stabilimento, resoconti e documentazione sugli smaltimenti dei rifiuti (che dovranno essere caratterizzati anche sulla base dei contaminanti indice del procedimento, quindi PFAS, BTF e clorurati) e sui monitoraggi ambientali svolti. Tali report dovranno essere firmati dal direttore lavori e da un collaudatore terzo.

Si evidenzia, inoltre, che il progetto di messa in sicurezza permanente riguarda solamente l'area "nord-est", mentre per il resto del sito si parla di progetto di bonifica che dovrà pertanto garantire il raggiungimento degli obiettivi di bonifica stabiliti da ISS in sede di incontro del 05/06/2025 (gli obiettivi della bonifica in tutte le matrici ambientali contaminate devono garantire per lo meno, il rispetto in falda al Punto di Conformità dei valori limite per le acque destinate al consumo umano). In particolare, il progetto di bonifica prevede, a più riprese, un ruolo chiave per il mantenimento dei sistemi di emungimento. Si citano a riguardo i seguenti paragrafi:

- Capitolo 7.6

Si rileva che il confinamento fisico mediante impermeabilizzazione superficiale e confinamento laterale dei suoli, come verrà nel seguito sviluppato, costituirà di fatto un intervento focalizzato anche sulla matrice acque di falda in quanto, in sinergia con i sistemi di emungimento, avrà carattere sia di contenimento idraulico, sia di interruzione dei percorsi di trasferimento della massa di contaminanti dalla matrice suolo alla matrice acqua.

- Capitolo 8.2

- mantenimento dei sistemi di emungimento e prosecuzione degli interventi di recupero massivo mediante “*Pump&Treat*”, con progressiva rimodulazione dei flussi, a valle della realizzazione delle opere previste, sulla base dei risultati del monitoraggio idrochimico, freaticometrico e della modellistica idrogeologica;

La realizzazione dei due diaframmi e del capping, associati alle azioni di controllo idraulico di emungimento, permetteranno di interrompere i percorsi relativi alle venute di acqua di lisciviazione, da parte delle acque piovane, e di dissoluzione, da parte delle fluttuazioni delle acque di falda, con l'obiettivo di mantenere costantemente in desaturazione i terreni impattati e migliorando al contempo la qualità delle sottostanti acque di falda.

Emungimento e trattamento acque (Pump and Treat)	Acque di falda	Recupero massivo di contaminanti dall'acquifero (in particolare nelle aree di source control)
		Contenimento idraulico a protezione del confine del sito (intervento di plume control)
		Presidio di protezione della falda durante l'esecuzione degli interventi previsti sul sottosuolo

- Capitolo 13.3

In conclusione, le simulazioni previsionali effettuate indicano che il sistema di opere proposte permette di raggiungere gli obiettivi progettuali di protezione delle matrici ambientali e della salute umana. Il sistema è efficace anche negli scenari più gravosi, caratterizzati da regime di falda in condizioni di morbida e anche nelle ipotesi conservative di una maggiore permeabilità del substrato (sia calcarenitico, sia marnoso) e di inefficienza del capping.

Le simulazioni modellistiche, che supportano la soluzione progettuale prescelta, sono state condotte ipotizzando la permanenza di condizioni di morbida della falda e sperimentando gli effetti di assunzioni conservative quali la maggior permeabilità del substrato e l'inefficienza del capping. Una volta completate le opere, le condizioni della falda all'esterno delle aree cinturate saranno variabili a seconda delle oscillazioni stagionali, pertanto, il mantenimento di livelli piezometrici depressi all'interno delle aree diaframmate e dell'inversione del gradiente idraulico potrà essere ottenuto anche con portate di emungimento diverse da quelle simulate, nell'ambito di una gestione dei sistemi dinamica e flessibile.

In fase di esercizio, le portate di emungimento saranno opportunamente modulate sulla base dei dati di monitoraggio piezometrico e del reale bilancio idrico del sito, secondo criteri gestionali adattivi, così da adeguare il funzionamento del sistema alle effettive oscillazioni stagionali della falda. Sulla base degli esiti del monitoraggio potranno anche essere implementate specifiche azioni di ottimizzazione del sistema di controllo idraulico, in termini sia di ubicazione dei punti di emungimento sia di regolazione delle portate, al fine di garantire nel tempo il mantenimento dei livelli piezometrici interni a quote inferiori rispetto a quelle associate ai terreni contaminati.

Poiché non sono previste specifiche tempistiche per il raggiungimento degli obiettivi di bonifica in assenza degli emungimenti (nella stima dei costi di intervento si cita genericamente un periodo di gestione degli stessi pari a 8 anni che non risulta motivato da valutazioni sull'abbattimento delle contaminazioni e/o sull'evoluzione del quadro ambientale del sito) e riscontrato che:

- il pump&treat viene considerato anche dai Progettisti una tecnologia finalizzata al contenimento idraulico (plume control),
- gli interventi di recupero massivo dei contaminanti mediante Pump&Treat saranno residuali una volta realizzato il confinamento laterale (poiché molte porzioni del sito risulteranno desaturate)

si ritiene che quanto proposto dalle Parti debba essere integrato con specifici interventi di decontaminazione/bonifica delle sorgenti di contaminazione secondarie (matrici ambientali: suolo insaturo, fascia escursione falda, materasso alluvionale e comparto calcarenitico) che consentano il raggiungimento degli obiettivi stabiliti da ISS (o comunque una riduzione di massa contaminante) anche in assenza di emungimenti, che richiedono comunque sempre l'intervento umano per la regolazione degli apparati e per le manutenzioni periodiche. Tali interventi di decontaminazione/bonifica delle sorgenti di contaminazione secondarie potranno essere realizzati anche eventualmente suddividendo il sito in aree omogenee per caratteristiche litostratigrafiche o di tipologia di contaminazione e selezionando le migliori tecniche disponibili (ad esempio nella tabella 7.3 lo SVE si configura come un intervento migliore rispetto alla stabilizzazione in sito, considerando anche l'efficacia dello SVE relativamente alle prove effettuate al pozzo H, paragrafo 6.5.1).

Il contenimento laterale, oltre a configurarsi come step dell'intervento proposto, risulterebbe propedeutico, nella sua funzione di presidio di protezione della falda, allo svolgimento dell'attività di bonifica/decontaminazione delle sorgenti secondarie di contaminazione all'interno del sito. Il capping si configurerebbe come intervento di rifinitura finalizzato ad isolare la contaminazione residuale che eventualmente permanerebbe in sito nonostante l'applicazione delle migliori tecnologie a costi sostenibili.

In via prioritaria, considerato che, come emerge da tabella 5-7 del capitolo 5.5 del POB, la maggior parte della massa di contaminazione è ubicata negli orizzonti di terreno insaturo (profondità massime di circa 6 m da p.c.), ovvero circa l'88% per PFAS e BTF, il 76% per HCB e la quasi totalità per PCE e TCE, si ritiene che debba essere valutato lo smaltimento e/o il trattamento in situ di parte (ad esempio, quelli maggiormente contaminati) o di tutti i terreni insaturi superiori alle CSR dello scenario libero, per un quantitativo stimato pari a circa 83.000 m³ (riferimento a tabella 5.6, somma di orizzonte insaturo superficiale e profondo).

Per quanto riguarda le demolizioni, il POB al capitolo 8.3.1 prevede:

Il limite di batteria delle demolizioni, come meglio definito al paragrafo 9.3, sarà costituito dal piano campagna mentre per le strutture interrato si prevede l'eventuale svuotamento e il riempimento con materiale certificato. La successiva copertura delle aree interromperà definitivamente ogni percorso di infiltrazione che possa determinare la mobilitazione dei contaminanti presenti nel sottosuolo.

Il capitolo 9.3 prevede:

Per quanto riguarda strutture e manufatti al di sotto del piano campagna, non risulta necessaria una loro demolizione: elementi come vasche e bacini interrati saranno svuotati e riempiti con materiale certificato ripristinando le quote di piano campagna.

Eventuali sottoservizi ricadenti nell'area dovranno essere dismessi e, se interferenti con le opere in progetto, rimossi.

Il capitolo 9.3.2 prevede:

Per gli elementi precedentemente identificati, l'intervento di demolizione avrà come obiettivo la rimozione di tutta la porzione fuori terra di edifici e strutture. Tutte le parti residue fuori terra eventualmente presenti, come cordolature, plinti di fondazione e altre strutture in c.a., saranno rimosse fino livello del piano campagna per ottenere una superficie mediamente piana, da ricoprire successivamente con lo strato di regolarizzazione del capping. In tale ottica, non è prevista la rimozione di platee o pavimentazioni sporgenti da piano campagna in quanto il loro limitato spessore potrà essere ricompreso nello strato di regolarizzazione alla base del capping.

Si ritiene che un bene o una sostanza debbano essere considerati "rifiuto" non solo quando siano abbandonati dal detentore, ma anche quando questi li depositi nell'ambiente assegnando ad essi una funzione che non è loro propria senza ricavarne alcuna apprezzabile utilità all'evidente fine, quindi, di sottrarsi dall'obbligo di recupero o smaltimento (Tar Lombardia sez. II — Brescia, 27 marzo 2024, n. 249; Tar Lombardia sez. III — Milano, 23 febbraio 2023, n. 477; Tar Trentino-Alto Adige sez. I — Trento, 21 gennaio 2020, n. 8).

Tutte le strutture, manufatti e sottoservizi presenti al di sotto del piano campagna, poiché non più funzionali ad un'attività produttiva (che non esiste più), dovranno essere pertanto rimossi e smaltiti.

Peraltro, nell'ambito del POB, non è stato dimostrato puntualmente se le singole strutture, i singoli manufatti e sottoservizi presenti al di sotto del piano campagna non sono esenti da contaminazione (anche in termini di imbrattamento dei materiali di costruzione) e quindi non costituiscono sorgente primaria e secondaria di contaminazione.

Al capitolo 9.3, si ritiene non sia stata motivata la mancata demolizione degli edifici E1 ed E6.

Si chiede se le matrici ambientali al di sotto dei due edifici siano state investigate ed analizzate. In caso negativo, si ritiene si debba procedere con tali verifiche.

Per quanto riguarda l'impermeabilizzazione superficiale, capitolo 11.3:

Gli spessori dei pacchetti di impermeabilizzazione sono stati progettati per consentire il raccordo con le eventuali pavimentazioni esistenti relative ad aree in cui non saranno realizzate demolizioni o decommissioning (ad esempio l'area impianti TAF). Tali pavimentazioni dovranno quindi essere preservate, previa verifica della loro idoneità. Al contrario, le solette di fondazione degli edifici da demolire saranno ricoperte dalla realizzazione del pacchetto di capping.

Si ritiene che le pavimentazioni esistenti possano essere mantenute solo se realizzate con le medesime modalità dei pacchetti di impermeabilizzazione che eventualmente verranno approvati al fine di non compromettere l'efficacia complessiva degli interventi, altrimenti dovranno essere rimosse anch'esse e ripristinate coerentemente con tutto il resto del sito interessato da demolizioni o decommissioning. In ogni caso, dovrebbe essere verificato lo stato di integrità delle pavimentazioni esistenti.

In fase di approvazione definitiva degli eventuali pacchetti di copertura, ci si riserva in ogni caso di valutare ed eventualmente integrare spessori e materiali proposti.

Per quanto riguarda il riutilizzo delle terre e rocce da scavo, si ritiene che, in assenza di CSC per i PFAS, tenuto conto anche delle difficoltà manifestate dalla Parte sulla verifica analitica del limite stabilito per il GenX (si riporta dall'Allegato 2 "Piano di Gestione dei materiali"):

Per quanto riguarda il parametro GenX, si precisa che il valore indicato dall'ISS pari a 0,00007 mg/kg risulta estremamente basso e, pertanto si farà riferimento al limite di rilevabilità analitica, compreso tra 0,001 mg/kg e 0,05 mg/kg.

in coerenza con quanto già discusso, motivato e determinato in sede di conferenza di servizi del 17 luglio 2025 (riutilizzo terre e rocce prodotte dai lavori di posa delle nuove linee afferenti all'impianto TAF, dei cavidotti per la connessione al nuovo PLC dei *datalogger* installati presso i piezometri MW01, MW02 e MW38bis e dei cavidotti per il nuovo sistema di videosorveglianza del sito, con videocamere perimetrali) e riscontrato che le CSR determinate per singolo composto possono avere ordini di grandezza inferiori alla sommatoria di PFAS proposta (pari a 0,96 µg/l), si ritiene che i terreni derivanti dalla realizzazione del confinamento laterale e dell'area di MISP debbano essere gestiti come rifiuti. Se si ritiene di collocarli all'interno dell'area di MISP, si dovrà dimostrare che i requisiti tecnico costruttivi dell'area di MISP sono equivalenti a quelli previsti dal D. Lgs.36/2003 e ss.mm.ii (vedasi riscontro MASE di Marzo 2026 all'interpello del Comune di Civitanova Marche).

Peraltro, la necessità del riutilizzo delle terre non è supportata da un rilievo plano altimetrico dello stato attuale confrontato con il rilievo plano altimetrico del sito nello stato futuro: solo da

tale confronto, potrebbe emergere l'eventuale fabbisogno di terre per ripristini e rimodellamenti all'interno del sito.

Per quanto riguarda il paragrafo 5.3, ovvero la sintesi degli obiettivi di progetto (scenario post-intervento), si ritiene che il solo piezometro MW17 non sia sufficiente a verificare il raggiungimento degli obiettivi del progetto di bonifica. I cluster piezometrici (alluvioni/calcarenitici) vanno integrati sia lungo il lato ovest che il lato sud.

Tutti i piezometri esterni al sito dovranno essere considerati per valutare l'evoluzione delle condizioni ambientali delle acque di falda, sia comparto alluvionale che calcarenitico, in direzione sud, sud-ovest e ovest. Se le simulazioni previsionali si dimostreranno realistiche, buona parte del sito avrà il comparto alluvionale parzialmente saturo o completamente insaturo, pertanto potrà ridursi molto il numero di pozzi/piezometri monitorabili internamente al sito.

Per quanto riguarda il capitolo 8.3.4, l'ottimizzazione dei sistemi di emungimento deve essere inclusa nella Fase 1 e si ritiene che il progetto debba contemplare le varianti sostanziali ai sistemi che potranno rendersi necessarie. Le varianti potranno consistere in spostamenti di pozzi del comparto alluvionale (da porzioni insature a porzioni sature), aumento della densità di pozzi, con nuovi punti nel comparto alluvionale e/o calcarenitico, o altre soluzioni individuate dai Progettisti laddove necessario ai fini del mantenimento del gradiente idraulico dal basso verso l'alto.

Relativamente al capitolo 9.1 - Indagini integrative:

- Per avere un modello geologico più approfondito e completo, ed appurare che effettivamente non sia disponibile un substrato a bassa permeabilità a profondità tecnicamente raggiungibili, si ritiene che le indagini nel calcarenitico debbano raggiungere almeno i 50 m da p.c., coerentemente alle più recenti indagini eseguite sul lato ovest.
 - Sulla verticale di substrato intercettato si dovranno eseguire prove di permeabilità in foro, in numero congruo allo spessore attraversato (indicativamente una ogni 10 metri) e alle principali variazioni dello stato di fratturazione/alterazione.
-

Relativamente al capitolo 10 - Test pilota:

- si ritiene che i test/campi prova debbano valutare l'effettiva applicabilità delle tecnologie proposte per i contaminanti indice del sito (per le matrici suolo e acque sotterranee) e che debbano costituire uno strumento finalizzato alla realizzazione di interventi di bonifica/decontaminazione delle matrici ambientali, superando la valenza di mere attività di supporto alle tecnologie di confinamento proposte. Pertanto, le aree di applicazione dei test pilota dovranno essere rappresentative di tutti i contaminanti individuati nel sito e scelte in funzione delle concentrazioni rilevate nell'intero comparto insaturo e nella frangia capillare, prevedendo eventualmente molteplici aree di prelievo.
- Le modalità di esecuzione dei test di cessione ed i criteri di valutazione dei relativi esiti dovranno essere concordati preventivamente con gli Enti.

Relativamente al capitolo 11.2:

- La progettazione esecutiva delle opere, a valle delle indagini integrative, dovrà essere più precisa e chiara nelle metodologie di posa dei diaframmi.
- La profondità di intestazione della diaframmatura all'interno del substrato roccioso dovrà essere di almeno 2 metri, perché la lunghezza minima indicata di 1 m si ritiene insufficiente.

Relativamente al capitolo 11.2.4.3:

- Nel documento di progetto tutte le coppie di piezometri utili alla verifica di entrambe le diaframature devono essere individuate chiaramente, anche su rappresentazione planimetrica.
- Devono essere individuati sin da ora i punti a rischio di prosciugamento (in base ai risultati delle simulazioni modellistiche).
- Devono essere definiti chiaramente i criteri che permetteranno la verifica dell'efficacia di contenimento dell'opera: dislivello piezometrico tra interno ed esterno? Di quale entità? Dislivello piezometrico tra alluvioni e calcareniti? Di quale entità?
- Data l'importanza di tali verifiche, si consiglia il monitoraggio in continuo con sensori di livello ed acquisizione dei dati a cadenza oraria.

Relativamente al capitolo 15 - Piano di Monitoraggio:

- Il monitoraggio idrochimico (Cap. 15.1.1) prevede l'estensione dell'attuale PdM. Si noti che nelle ampie porzioni di sito con alluvioni desaturate potrà diventare difficoltoso o impossibile prelevare campioni d'acqua e quindi monitorare lo stato qualitativo della

falda alluvionale; probabilmente rimarranno campionabili i punti che filtrano sia alluvioni che calcareniti, quelli filtranti le calcareniti e quelli che ricadono sulla porzione più occidentale del sito. Quanto più risulterà desaturato il sito, tanto meno sarà possibile monitorare lo stato qualitativo delle acque di falda internamente al sito stesso.

- Sarà fondamentale monitorare lo stato qualitativo esternamente al sito, per verificare l'effettivo contenimento della contaminazione.
- Le coppie di piezometri per la verifica idraulica dei diaframmi dovranno essere inserite anche nel monitoraggio idrochimico.

Il monitoraggio idraulico (Cap. 15.1.2) prevede:

- Campagne freaticometriche mensili sull'intera rete freaticometrica,
- Mantenimento dei sensori di livello attuali,
- Controllo dei livelli piezometrici su cluster piezometrici interno/esterno diaframma.

I Progettisti propongono due nuovi cluster: MW65/MW65prof (esterno, in corrispondenza dell'esistente MW02/MW02prof) e MW66/MW66prof (interno, in corrispondenza dell'esistente MW58/MW58prof), entrambi sul lato ovest. Si condivide la necessità di questi punti.

Si legge che *"...avranno il principale scopo di verificare gli effetti indotti delle opere realizzate in termini di inversione del gradiente idraulico"*.

- Come detto sopra, si ritiene che debba essere definito chiaramente all'interno del progetto il criterio quantitativo secondo il quale si verifica / non si verifica la tenuta delle diaframature, analizzando le possibili casistiche attese / non attese dal monitoraggio.

Si legge poi che *"Nel corso di tutto il periodo di monitoraggio previsto potrà essere valutata la necessità di integrare e/o modificare ulteriormente la rete di monitoraggio esistente."*

- Si ritiene che debba essere individuata precisamente la rete di monitoraggio, integrandola quanto prima dove necessario, per poter monitorare anche l'ante-operam e il corso d'opera. A tal proposito è importante individuare sin da ora tutti i piezometri che saranno a rischio di danneggiamento durante l'esecuzione delle opere o a rischio di prosciugamento nel lungo termine (quindi non misurabili, né campionabili), allo scopo di prevedere le necessarie integrazioni / sostituzioni.
- MW20 è vicinissimo al futuro diaframma lato nord; probabilmente verrà danneggiato; dovrà essere necessariamente riperforato un po' più a nord il sostitutivo MW20-new, da integrare con altro cluster interno diaframma.
- E' necessaria una proposta anche per il lato sud: si potrebbe integrare l'esistente MW17 (alluvioni, esterno diaframma) con MW17prof e poi abbinare il monitoraggio di due pozzi, uno in alluvioni e uno in calcareniti al centro di barriera sud (comunque influenzata dagli emungimenti).

- Bisogna prevedere coppie di cluster interno/esterno alluvioni + calcareniti su tutti i lati del confinamento (sud, ovest, nord). In Figura 10 la proposta di integrazione della rete: i cerchi viola individuano i cluster piezometrici ad oggi esistenti, quelli rossi i cluster piezometrici già proposti dai Progettisti (di cui si condivide la necessità) ed i cerchi magenta indicano le posizioni dove si ritengono necessari altri cluster piezometrici.

In riferimento alle **Mappe freaticmetriche (Cap. 15.1.2.1)**, si ritengono necessarie le seguenti:

- elaborare mappe con spaziatura isopieze di minimo 0,5 m su tutto il sito e dettaglio di 0,25 m sulle aree con maggiore densità di piezometri (es. barriera sud); rappresentare ed etichettare con valore di carico idraulico anche i valori esclusi dalle elaborazioni per scelta dei Progettisti, esplicitandolo nel testo;
- restituire i livelli piezometrici anche su sezioni idrostratigrafiche trasversali alle opere di diaframmatrice, passanti per tutte le coppie di cluster, allo scopo di visualizzare le differenze di carico tra esterno ed interno.

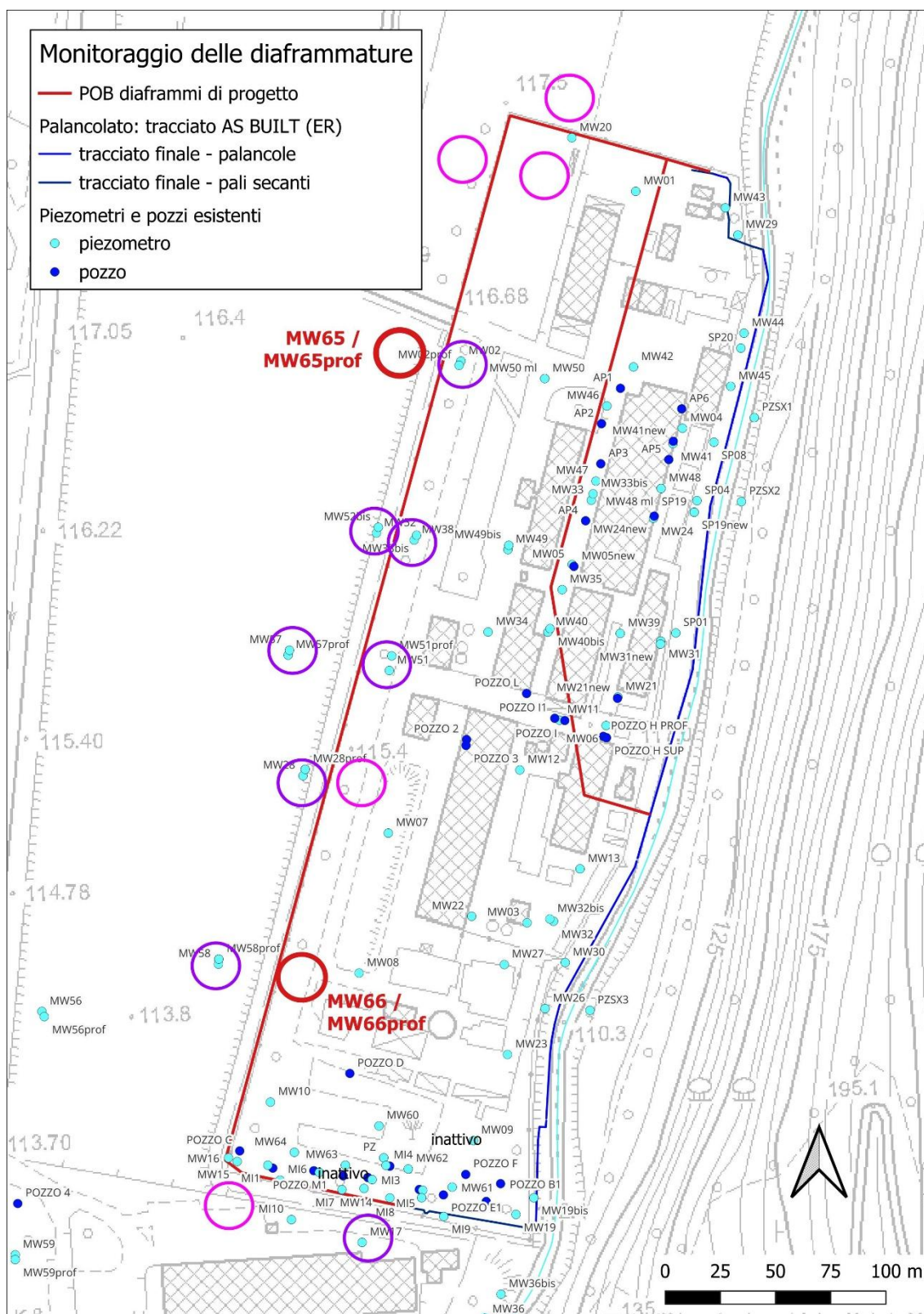


Figura 10. Proposta di cluster piezometrici per il monitoraggio idraulico e idrochimico: cluster esistenti in viola, cluster proposti dai Progettisti in rosso, cluster proposti da ARPAV in magenta.