ANALISI DELLO STATO DI INQUINAMENTO DELLA VASTA AREA INTORNO ALLA DISCARICA DI MALAGROTTA (ROMA)

Prof. Rinaldo Genevois, già Ordinario di Geologia Applicata, Università di Padova

Padova, luglio 2024

1. Premessa

La presente nota è stata redatta dal prof. Rinaldo Genevois, già professore ordinario di Geologia Applicata presso il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Padova, su incarico dell'Avvocato Manlio Cerroni dell'8 aprile 2024, al fine di valutare, sulla base della documentazione esistente, lo stato di inquinamento dell'area della discarica di Malagrotta (Roma).

Dopo un esame dei documenti in possesso, lo scrivente ha accettato di redigere una relazione sullo stato di inquinamento dei luoghi in oggetto.

La documentazione esistente, analizzata dallo scrivente, consiste in una serie di Relazioni tecniche, di note e di pubblicazioni scientifiche, redatte tra il 1990 e il 2024, che hanno trattato a vario titolo questo tema. Dopo un iniziale esame riassuntivo di tale documentazione, i dati di carattere tecnico sono stati criticamente analizzati allo scopo di fornire la propria valutazione dello stato di inquinamento dell'area in riferimento anche alle possibili interazioni tra la discarica controllata Malagrotta, i terreni, le acque sotterranee e superficiali circostanti.

Nel corso degli anni si sono avute profonde modificazioni della morfologia dell'area a seguito principalmente delle attività estrattive (prelievo di oltre 200 milioni di metri cubi di sabbi e ghiaie con un abbassamento medio del rilievo di circa 20 m), smaltimento dei rifiuti (11 siti adibiti a discarica abusiva), oltre all'ampliamento degli insediamenti abitativi ed alle attività agricola e zootecnica. Tutto ciò ha comportato un profondo sconvolgimento della circolazione idrica superficiale e profonda con riflessi significativi sulla qualità delle acque connesse alla circolazione idrica sia superficiale che profonda. Sostanziali variazioni idrogeologiche sono derivate, oltre che dall'asportazione di parte dei terreni costituenti l'acquifero, anche dalla conseguente formazione di piccoli laghi e dalla immissione di materiali di risulta aventi minor permeabilità. Nelle cavità create, spesso colme d'acqua, sono stati smaltiti rifiuti a partire dagli anni '50 per un totale stimato in $5x10^6$ m^3.

È in tale contesto ambientale che nel 1974 entra in funzione la discarica di Malagrotta, successivamente adeguata e messa in sicurezza nel 1987, ed è in tale contesto che deve necessariamente essere valutata la possibile influenza della discarica di Malagrotta sull'ambiente circostante.

La documentazione disponibile è sinteticamente elencata in ordine cronologico.

2. Documentazione

1990: Articolo scientifico di L. Galeotti, R. Gavasci, A. Prestininzi e C. Romagnoli in 'Geologia Applicata ed Idrogeologia' (Bari) - L'impatto delle attività antropiche sulle acque sotterranee nell'area di Malagrotta (Roma).

Ottobre 2010: Relazione del Dott. Geol. A. Fabrizi su incarico di E. Giovi s.r.l. - Osservazioni tecniche sulle caratteristiche geologiche ed idrogeologiche dell'area della Discarica di Malagrotta e sulle caratteristiche costruttive dei piezometri di controllo.

29 ottobre 2015: VI Conferenza di Servizi - si riavvia l'iter amministrativo del procedimento di bonifica dell'ex discarica di Malagrotta e si richiede alla Società E. Giovi Srl di provvedere a presentare un *Piano di Caratterizzazione per delimitare il plume di contaminazione al di fuori del perimetro del polder.*

Dicembre 2015 : E. Giovi Srl incarica la Spe Ingegneria srl della redazione del *Piano di Caratterizzazione del sito ex discarica di Malagrotta (*Verbale Conferenza di Servizi, 29/10/2015).
Dicembre 2015: Trasmissione agli enti del *Piano di Caratterizzazione- Ex Discarica di Malagrotta (Conferenza di Servizi del 29/10/2015)*. Riavvio dell'Iter Amministrativo del procedimento Bonifica *Elaborato MLGR_PdC* Dicembre 2015, Progettazione *Spe Ingegneria Srl.*
Luglio 2016: Piano di Caratterizzazione- Ex Discarica di Malagrotta (Conferenza di Servizi del 29/10/2015), Piano di Indagine per la determinazione del plume di contaminazione – Integrazioni *Elaborato MLGR_PdC- Progettazione Spe Ingegneria Srl* con le prescrizioni indicate nel verbale della Conferenza del 14/04/2016.
Marzo 2017 - E. Giovi Srl - ex discarica di Malagrotta, Approvazione del Piano della Caratterizzazione del sito ex D. Lgs. n. 152/2006 e s.m.i. ed autorizzazione all'esecuzione di un primo set di nuovi pozzi di monitoraggio (a distruzione di nucleo) e delle relative attività di misurazione.

8/04/2017: Decreto Commissariamento - Provvedimento del Prefetto di Roma con il quale si dispone la straordinaria e temporanea gestione del Consorzio Co.La.Ri. e della Società E. Giovi Srl.

Gennaio 2018: Piano di Caratterizzazione - Ex Discarica di Malagrotta, Indagini Ambientali per la determinazione del plume di contaminazione. Rapporto sullo stato di avanzamento delle Indagini di Caratterizzazione Ambientale (*Progettazione Spe Ingegneria Srl).*
Luglio 2018 e Settembre 2018: Piano di Caratterizzazione - Indagini ambientali per la determinazione del plume di contaminazione Rapporti Intermedi indagini di caratterizzazione ambientale 1° e 2° Campagna di Monitoraggio (*Progettazione Spe Ingegneria Srl*).
1/12/2018: Incarico Assistenza per 6 Campagne di monitoraggio -Redazione Rapporto finale piano di Caratterizzazione (ODA MDG-ACC-018-SPE-001).
Dicembre 2018 - Determinazione della Regione Lazio del 3/12/2018. Soc. E. Giovi s.r.l. - Modifica sostanziale al progetto di capping della discarica di Malagrotta approvato, dal Commissario per l'emergenza rifiuti nel territorio della Regione Lazio (decreto del 30/06/2008). Si dispone una serie di prescrizioni in merito al progetto ed agli interventi. Con riferimento alla gestione del percolato, sarà successivamente emesso un apposito atto.

Luglio 2019 e Ottobre 2019: Piano di Caratterizzazione - Indagini ambientali per la determinazione del plume di contaminazione. Rapporti Intermedi indagini di caratterizzazione ambientale 3° e 4° Campagna di Monitoraggio (*Progettazione Spe Ingegneria Srl*).
22/07/2020: Il dott. Luigi Palumbo, risolvendo i rapporti con la Spe Ingegneria Srl, comunica alla stessa di astenersi dal compiere qualsiasi ulteriore attività a favore della Srl E. Giovi.
Febbraio 2021: Relazione conclusiva Perizia tecnica per incidente probatorio, CTU del GIP dott. F. Patrone.

2021: Articolo scientifico di F. Braga e A. Prestininzi, pubblicato in Italian Journal of Engineering Geology and Environment - The cement-bentonite diaphragm of the Malagrotta municipal waste landfill (Rome, Italy): efficiency analysis.
Luglio 2022 – Relazione Technital: Copertura superficiale finale della discarica di Malagrotta (Roma) – Relazione Tecnica Gestione Percolato.

31.10.2022: Rapporto finale di TerreLogiche Srl, Indagini di caratterizzazione ambientale Ex discarica di Malagrotta, su incarico di E. Giovi Srl in amministrazione controllata

Settenbre 2023: Relazione del dott. geol. Pietro Simone, Valutazione di stime pregresse in relazione ai volumi di percolato presenti nella discarica di Malagrotta, su incarico di dott.ssa Carmelina Scaglione legale rappresentante della E. Giovi s.r.l..

Febbraio 2024: Nota di valutazione sulle attività di indagine eseguite da TerreLogiche Srl nell'ambito del piano di caratterizzazione ambientale della discarica di Malagrotta. Nota del Prof. Ing. G. Sappa.

Febbraio 2024: Lettera di Manlio Cerroni alla D.ssa Laura Codruta Kovesi, European Public Prosecutor's Office, Luxembourg.

3. Sintesi degli elaborati

In questo capitolo vie riportata una sintesi degli elaborati tecnici facendo particolare riferimento agli aspetti geologici, idrogeologici e geochimici di interesse nella presente Relazione.

3A- Ottobre 2010: *Relazione del Dott. Geol. A. Fabrizi per conto di e. giovi s.r.l.: Osservazioni tecniche sulle caratteristiche geologiche ed idrogeologiche dell'area della Discarica di Malagrotta e sulle caratteristiche costruttive dei piezometri di controllo".*

L'area di Malagrotta è inquadrata dall'Autore dal punto di vista morfologico, geologico ed idrogeologico. La successione litologica della serie sedimentaria è descritta in dettaglio. L'Autore evidenzia che i corsi d'acqua hanno eroso nel tempo le argille di base, poste a quote tra +20 m e -20 m s.l.m. rispettivamente a N ed a S della discarica, e che affluenti minori del Rio Galeria attraversavano l'area stessa della discarica Malagrotta.

L'Autore evidenzia come la falda superficiale sia sostenuta dalle argille di base cui viene attribuita una permeabilità $k = 10^{-8} – 10^{-9}$ cm/s. Nella relazione del Dott. Fabrizi è riportata una cartina delle isofreatiche e delle direzioni di flusso di una vasta area intorno alla discarica Malagrotta ed un'altra per la sola area della discarica. L'Autore ricorda che la discarica Malagrotta, regolarmente autorizzata, è in esercizio dal 1976 ed è ubicata in aree già oggetto in passato di attività estrattive. Si riporta che il diaframma cemento/bentonite, realizzato tra il 1986 ed il 1987, è intestato nelle argille di base per 2-4 m ed ha uno spessore tra 0.6 e 1.0 m.

Nell'area interna al diaframma l'Autore pone la superficie piezometrica tra +32 m s.l.m. a N e +16 m s.l.m. a S, con quote interne sempre più alte che all'esterno ed indipendenti dalle oscillazioni stagionali. Per l'Autore le coppie di piezometri, a tubo aperto, installati all'interno (piezometri V) ed

all'esterno (piezometri Z), rilevano l'efficacia del diaframma. Nella Relazione dell'Autore è presente un elaborato cartografico che mostra come il diaframma abbia modificato le direzioni di flusso idrico sotterraneo. I piezometri V e Z sono stati realizzati a distruzione di nucleo e posizionati in profondità per 2 m nelle argille di base. La tubazione è cieca per i primi 5 m, poi fessurata sino al fondo. Le lunghezze dei piezometri V e Z dall'1 all'8 sono riportate in una tabella. L'Autore riporta, per alcuni piezometri Z e V, anche le stratigrafie con l'indicazione del livello della falda.

3B - Febbraio 2021: *Relazione dei CTU, Perizia tecnica per incidente probatorio - Discarica di Malagrotta, Roma*

Si precisa che di questa corposa relazione, nel seguito indicata con Relazione ISPRA redatta per l'incidente probatorio, si riportano principalmente i dati idrogeologici concernenti la falda interna al polder di Malagrotta e quella ad esso esterna.

I quesiti posti dal Giudice ed idrogeologicamente significativi per i fini della presente Relazione, riguardano: la stima del quantitativo di percolato prodotta negli anni, fino al luglio 2018, e la verifica della contaminazione tra acque dei pozzi MISE (Messa In Sicurezza d'Emergenza) e percolato.

I Consulenti ISPRA sottolineano in premessa che i dati disponibili sono stati acquisiti in tempi diversi, da soggetti differenti e con modalità non omogenee. Inoltre, gli stessi dati non presentano una distribuzione areale e cronologica sufficiente a rappresentare con un dettaglio significativo l'elevata variabilità dei parametri connessi alle stime richieste.

Dopo la ricostruzione del modello concettuale nella Perizia viene illustrato un vasto contesto territoriale attorno alla discarica Malagrotta, descritto come fortemente antropizzato ed interessato dallo smaltimento di rifiuti sin dalla fine degli anni '50: in particolare, tre siti utilizzati in passato insistono su aree prossime alla discarica Malagrotta sullo stesso acquifero sotteso all'impianto Malagrotta.

Dal punto di vista stratigrafico, la Relazione ISPRA descrive le unità affioranti nell'area: a) la Formazione di Monte delle Piche; b) la Formazione di Ponte Galeria costituita in affioramento da: argille grigio azzurre, in basso, e limi e sabbie, in alto per uno spessore tra 4 e 6 m; ghiaie in matrice sabbiosa con irregolari alternanze di argille, di spessore tra 15 m e 35 m; argille sabbiose e limi, con spessori di circa 5-7 m; sabbie e sabbie limose con spessori anche superiori ai 10 m; c) limi, argille, sabbie e ghiaie dei depositi alluvionali.

La Relazione ISPRA riporta che le ghiaie e sabbie della formazione di Ponte Galeria costituiscono il principale acquifero dell'area, anche con piccole falde sospese stagionali, sostenuto dalle argille di Monte delle Piche. Il deflusso della falda è orientato sul lato sinistro del Rio Galeria da N-NE a S-SO e sul lato destro da O verso E. Il Rio Galeria e il Fosso Pantano del Grano ad Est della discarica Malagrotta, drenano le acque della falda. Nei terreni alluvionali del Rio Galeria, sono presenti due falde idriche sovrapposte: la superiore è in comunicazione con il Rio Galeria. Gli estensori concordano con la ricostruzione della piezometria fatta del Politecnico di Torino (PoliTo) nel 2013 (Figura 8.8 della Perizia ISPRA), sottolineando che la circolazione idrica è stata fortemente modificata dall'attività di cava (rimozione di strati permeabili e ritombamenti con scarti di cava, meno permeabili). Dalla carta piezometrica interna al diaframma risultano gradienti idraulici significativi ed una costante prevalenza dei livelli di falda interni rispetto a quelli esterni al polder. Gli Autori, comunque, sottolineano come sia possibile ricostruire ipotesi alternative dell'assetto piezometrico dell'area interna del polder, rispettando i dati oggettivi delle misure e, al tempo stesso, tenendo conto

delle esigenze di congruità idrogeologica che devono esprimere i risultati. La Perizia ISPRA riporta un'ìa plausibile ipotesi alternativa (Figura 8.9 della Perizia ISPRA) completamente differente.

I dati metereologici sono utilizzati nella Perizia ISPRA per la stima della produzione di percolato nel periodo 2009-2018, e per inquadrare i risultati delle prove e delle misure effettuate in relazione a condizioni di assenza/presenza di ricarica dei fluidi sotterranei presenti all'interno del polder.

Nella Perizia ISPRA, i terreni presenti sul fondo dei lotti della discarica Malagrotta, al di sopra della formazione di Ponte Galeria, sono costituiti dai materiali di risulta dell'attività di cava con una permeabilità variabile e non costituiscono un isolamento adeguato.

La stessa Perizia riporta che nel 1986-1987, per garantire l'isolamento laterale dei terreni sottostanti il corpo dei rifiuti, è stato realizzato un diaframma plastico in cemento/bentonite immorsato per 2 - 4 m nelle argille di base. La testa del diaframma si trova a quote variabili: in alcuni settori è direttamente sotto gli argini ed in altri è più distante da questi. Inoltre, in alcuni settori del perimetro della discarica sono state realizzate opere di consolidamento con la costruzione di palificate spinte fino a 40 m di profondità.

La Perizia ISPRA illustra la rete di drenaggio e raccolta del percolato costituita da tubazioni fessurate, poste in trincee riempite in ghiaia, che recapitano ad un pozzo di raccolta. In ciascuno dei lotti sono presenti uno più pozzi di estrazione attivati una volta al giorno con spegnimento controllato da un flussimetro automatico.

La rete di monitoraggio della falda, illustrata in Perizia ISPRA, è costituita da 61 pozzi esterni e nove interni al polder, per lo più posti a ridosso del diaframma. I pozzi di messa in sicurezza d'emergenza (MISE), ubicati sul lato settentrionale e parzialmente su quello orientale, mirano a invertire il dislivello tra falda esterna ed interna e le acque emunte sono convogliate ad una postazione di accumulo.

L'area del TBM1 è stata oggetto, nella Perizia ISPRA, di particolare attenzione in seguito al rinvenimento nei pozzetti presenti di liquidi non compatibili con le acque meteoriche. Sono stati realizzati tre sondaggi geognostici completati come piezometri (tubazione fessurata tra 1 e 3 m di profondità). Al di sotto della pavimentazione si hanno: 3 m di ghiaie e sabbie limose e 4 m di argille limose. La falda è rinvenuta a pochi cm di profondità a ridosso del muro di contenimento lato discarica ed a quasi 2 m nel sondaggio S1. Si osserva una sostanziale costanza dei livelli misurati e un gradiente del carico idraulico dal lato discarica del capannone verso la strada, con un deflusso da NE a SO. La variazione del gradiente idraulico può essere dovuta alla presenza del diaframma.

Durante la Perizia ISPRA stata eseguita una campagna di misure freatimetriche su 13 piezometri interni e 64 esterni. I pompaggi MISE nel settore orientale sono stati interrotti nei due giorni antecedenti la data delle misure di livello e si sono mantenuti inattivi i pozzi denominati "CGT" del settore meridionale. Alcune misure, considerate anomale, sono state escluse dalle valutazioni successive. Dalla comparazione dei livelli misurati con i dati storici la Perizia ISPRA deduce: 1) le misure eseguite confermano i dati storici; 2) tutti i pozzi interni si posizionano a quote superiori rispetto a quelli esterni corrispondenti o limitrofi; 3) i livelli piezometrici decrescono regolarmente da N lungo i due fianchi del polder; 4) i livelli esterni al polder sono regolati dalla falda dei depositi alluvionali delle valli minori che si raccordano con la falda dei depositi del Rio Galeria. La Perizia ISPRA registra un generale abbassamento dei livelli rispetto al 2013 tra circa 2 m e 0.15 m; i piezometri di monte non evidenziano significative variazioni.

La Perizia ISPRA riscontra nella ricostruzione proposta da PoliTo, che non considera i dati dei pozzi del percolato, alcune problematiche: i) l'andamento delle isofreatiche comporta un deflusso da Nord a Sud dove dovrebbe essere ubicata così un'area di recapito; ii) le quote piezometriche a monte del polder sono a livelli inferiori di quelle della falda interna con un flusso, quindi, teoricamente diretto verso l'esterno. L'interpretazione di PoliTo è, comunque, considerata corretta e rigorosa e non si discosta da altre interpretazioni. Secondo la Perizia ISPRA l'origine delle problematiche è da ricondurre al limitato numero di punti di misura e, soprattutto, alla loro disposizione sulla sola ed immediata fascia perimetrale del polder. Introducendo come forzante la quota della falda esterna si ottiene una carta piezometrica differente (Figura 8.9 della Perizia ISPRA), che costituisce sempre un'ipotesi solamente possibile, con un'alimentazione della falda di sola origine meteorica e con deflussi orientati verso l'intera fascia perimetrale.

Poiché quasi tutti i pozzi hanno un tratto iniziale cieco di almeno cinque metri ed il dreno attorno mette in comunicazione l'intera colonna dei terreni, secondo la Perizia ISPRA i campioni di acqua prelevati hanno una composizione difficilmente rappresentativa dei fluidi circolanti nei livelli degli strati superiori. Le differenze di quota tra i rispettivi tratti fessurati tra due piezometri posti a cavallo del diaframma (V e Z) possono essere tali che i livelli intercettati dai piezometri interno ed esterno siano differenti. La Perizia ISPRAI constata in alcuni casi anche un pessimo stato della tubazione dei piezometri con fessurazioni in gran parte occluse, condizione che compromette l'efficienza del pozzo e la rappresentatività dei campioni prelevati. Si nota anche la presenza di caratteristiche costruttive dei piezometri che ne limitano l'efficacia. Nella Perizia ISPRA si sottolinea che nel progetto originario, i pozzi di estrazione costituivano il punto di recapito delle reti di collettamento realizzate sul fondo di ciascun lotto della discarica Malagrotta. Le pompe di estrazione sono state spente per almeno 24h prima del giorno dei rilievi. La stessa Perizia evidenzia che nell'intero corpo dei rifiuti può esistere una limitata ma effettiva comunicazione idraulica, con deflussi orientati dalle aree centrali verso i settori perimetrali posti a quote inferiori.

Al fine di comprendere la dinamica della circolazione idrica nel sottosuolo e gli effetti indotti dalla presenza del diaframma, durante lo svolgimento della Perizia ISPRA sono state condotte prove di sollecitazione idraulica in tre settori della discarica in corrispondenza delle coppie interno-esterno V7-Z7, NP8-Z12 e S1-S2. Nella coppia V7-Z7, il V7 si svuota rapidamente senza effetti sullo Z7. Nella coppia NP8-Z12 a seguito dello svuotamento di NP8, la portata viene ridotta ma senza registrare abbassamenti nei piezometri interni; si sottolinea che il volume emunto da Z12 non sarebbe stato sufficiente ad indurre una variazione del livello in NP8. Si sottolinea che nella coppia S1-S2 gli esigui volumi emunti non sono stati sufficienti a verificare gli effetti della presenza del diaframma. Si conclude, tuttavia, che le tre prove non hanno fornito indicazioni sulla presenza ed efficacia del diaframma.

La connessione idraulica tra interno ed esterno è dimostrata, secondo la Perizia ISPRA, dall'effetto dell'emungimento dei pozzi CGT sia sul piezometro interno V7 che su quello esterno Z7. L'origine delle acque emunte dai pozzi CGT è da attribuire all'infiltrazione ed a contributi derivanti dal deflusso sotterraneo. Le prove non permettono di stabilire con certezza il meccanismo con il quale gli effetti del pompaggio nei pozzi CGT si trasmettano al piezometro esterno, cioè per scavalcamento della testa del diaframma oppure per interruzione della continuità dello sbarramento plastico.

Nella Perizia ISPRA è stato condotto uno studio chimico e isotopico delle acque sotterranee interne al perimetro del polder e del percolato. I valori negativi del potenziale redox, le basse concentrazioni di ossigeno disciolto e la conducibilità elevata indicano uno stato di inquinamento delle acque sotterranee (acque di MISE). Si individua nel percolato presente nei lotti la sorgente

della contaminazione: la maggiore permeabilità dei terreni del fondo e degli argini delle vasche permettono la miscelazione con le acque sotterranee interne.

Nella Perizia ISPRA i terreni d'imposta dei lotti sono costituiti dalle argille di base, con permeabilità nell'ordine dei 10^{-9} m/s, ma con una porzione sommitale limoso sabbiosa, dello spessore tra 2 ed 8 m e permeabilità $k \simeq 10^{-8}$ m/s. Al di sopra si trovano terreni del "*complesso superiore eterogeneo*" (Formazione di Ponte Galeria), per lo più costituiti da materiali di riporto derivanti dall'attività estrattiva, con spessori variabili da qualche metro fino a un massimo di circa 15 metri, che costituiscono il fondo dei lotti, con permeabilità stimata in 10^{-6} – 10^{-7} m/s, utilizzati per la costruzione degli argini delle vasche.

Nella Perizia SPRA sono state eseguite specifiche prove per la verifica della tenuta e della permeabilità del diaframma. Una prova di emungimento con tracciante sulle coppie W1-W2 (non rintracciabili) e V1-Z1: dopo 13 giorni nessuna presenza di tracciante nel pozzo esterno in emungimento. La prova non è ritenuta significativa vista la breve durata rispetto alla distanza (50 m). Una seconda prova della durata di 60 giorni senza emungimento mostra variazioni del tracciante comprese nel campo delle oscillazioni naturali del parametro che, inoltre, si manifestano troppo rapidamente. La significatività dei risultati ottenuti si ritiene affievolita.

La Perizia ISPRA determina per il diaframma una resistenza a rottura tra 3 e 7,5 kg/cm^2 ed una permeabilità fra 1 e $3x10^{-8}$ m/s. La stessa Perizia riporta che durante l'esecuzione di una paratia di sostegno, per la sistemazione di un tratto di argine interessato da un movimento franoso, è stata accertata nell'argine una circolazione idrica indipendente da quella presente nell'corpo dei rifiuti ed è stata confermata la presenza del diaframma.

La Perizia ISPRA ricostruisce gli andamenti dei profili di base e coronamento del diaframma e del terreno attuale. Sono state individuate le zone dove le quote di massima escursione della falda interna sono prossime o superiori alla testa del diaframma e in cui appare verosimile uno scenario di "tracimazione" della falda interna. Altro aspetto, considerato problematico nella Perizia ISPRA, è la condizione in cui la testa del diaframma è sovrastata da elevati spessori di terreno, dove si possono instaurare circolazioni idriche locali con deflussi diretti verso l'esterno del polder. Un altro aspetto critico riguarda i settori dove il fondo dei lotti è prossimo o superiore al coronamento del diaframma dove, quindi, la circolazione dei fluidi contaminati si origina in condizioni di prevalenza idraulica rispetto al diaframma stesso.

L'andamento generale del livello della falda interna, secondo la Perizia ISPRA, indica che il diaframma è assimilabile più ad una "soglia regolatrice" che ad una barriera di contenimento. Al tempo stesso l'andamento delle falde interna e esterna, con la prima sempre superiore alla seconda, indica invece la concreta capacità del diaframma di ostacolare la circolazione idrica che non avrebbe potuto mantenere il "gradino" interno-esterno che si osserva.

Nella Perizia ISPRA è' stato realizzato un modello che fornisce una stima della produzione media annua di percolato compresa tra le 103.581 t/anno dello scenario inferiore e le 152.710 t/anno di quello superiore.

Nelle risposte ai quesiti posti dal Giudice la Perizia ISPRA scrive:

1- Il quantitativo di percolato prodotto dal 2009 a luglio 2018 risulta tra 984.016 e 1.450.744 t. I quantitativi di percolato presenti nei lotti della discarica risultano tra 925.007 t e 277.502 t o, se opportunamente ridotti tra 799.627 t e 239.888 t.

2- Le caratteristiche granulometriche dei terreni di appoggio dei rifiuti sono tali da consentire, soprattutto laddove maggiore è la componente a granulometria più grossolana, la filtrazione verticale del percolato che si genera nelle sovrastanti vasche. Si conclude che le acque sotterranee interne al polder (acque di MISE) hanno origine dall'infiltrazione delle acque meteoriche attraverso l'impianto e subiscono una miscelazione con il percolato.

4- In base agli elementi che è stato possibile verificare, non risulta che vi siano mai state canalizzazioni di fluidi emunti all'interno di TMB1 recapitate all'esterno del diaframma. Si tratta di acque che sono venute a contatto e si sono miscelate con il percolato fuoriuscito dai lotti e pertanto assumono la connotazione di rifiuto solo quando, una volta estratte, non siano inviate ad un impianto di trattamento attraverso un sistema stabile di collettamento.

5- I volumi di percolato sono riassunti in tabelle specifiche.

Il GIP ha successivamente disposto l'estensione dei quesiti alla verifica dello stato di conservazione del diaframma, funzionale alla ricerca di eventuali fuoriuscite di acque dall'interno del polder ed a comprendere se il mancato emungimento del percolato abbia prodotto, oltre al ristagno dello stesso all'interno del polder, anche la sua fuoriuscita all'esterno dello stesso.

Nella Perizia ISPRA sono stati accertati due settori della discarica con evidente comunicazione idraulica tra interno ed esterno. Il primo si trova nel tratto in cui sono state eseguite le prove di sollecitazione idraulica sui piezometri V7-Z7. I risultati della prova dimostrano in modo inequivocabile che in questo settore esiste una comunicazione idraulica attiva tra falda interna ed esterna, fortemente mitigata dalla presenza del diaframma che non è in grado di bloccarla interamente. Il secondo è dato dall'area dell'impianto TMB1 dove la falda interna si trova un metro sotto la pavimentazione, mentre il coronamento del diaframma risulta a circa 2,5 m di profondità

Indicazioni sulla funzionalità del diaframma derivano, inoltre, dalla constatazione che il deflusso idrico interno al polder deve necessariamente avere un recapito esterno al polder. Inoltre, quando i battenti idraulici di percolato raggiungono spessori significativi, la tenuta complessiva del sistema non è più affidata alle sole caratteristiche di permeabilità del diaframma ma è legata all'insieme diaframma-argini che fornisce garanzie molto inferiori. Altra indicazione è fornita dall'incremento dei valori di concentrazione di alcuni parametri tra i piezometri di monte e valle.

In definitiva la Perizia ISPRA conclude che il diaframma costituisce un importante e significativo elemento di discontinuità tra i terreni interni al polder e la falda esterna, ma non è in grado di impedire completamente la connessione idraulica tra i due ambienti. Il mancato emungimento del percolato non ha originato direttamente la sua fuoriuscita dal polder, ma ha certamente indotto, per incremento dei battenti idraulici, un aumento delle perdite verso le acque interne al polder, mantenendo e/o aggravando lo stato di contaminazione e, quindi, contribuendo indirettamente alla fuoriuscita di acque contaminate all'esterno. Una fuoriuscita diretta di percolato è potenzialmente quella descritta nell'ipotesi di circolazioni idriche interne agli argini, quando questi presentano spessori significativi al disopra della testa del diaframma. Benché la configurazione altimetrica che è stata ricostruita per il diaframma risulti compatibile con il verificarsi di tale ipotesi, dagli accertamenti svolti non è emersa alcuna evidenza che allo stato attuale siano presenti fuoriuscite di questo tipo.

3C - LUGLIO 2022: Relazione Technital: Copertura superficiale finale della discarica di Malagrotta (Roma) – Relazione Tecnica Gestione Percolato.

La Relazione Technital riporta: i dati disponibili relativi al percolato e ai livelli di falda; una stima del quantitativo di percolato formato annualmente nel periodo 2010-2021 per infiltrazione diretta superficiale; una stima del quantitativo di percolato presente e di quello effettivamente estraibile.

In generale, l'area è indicata come fortemente modificata dall'escavazione di materiali inerti, in piccola parte ancora attiva, dall'espansione edilizia e dall'insediamento di attività industriali: l'inceneritore di rifiuti ospedalieri a Ponte Malnome; la Raffineria di Roma sul Rio Galeria; gli oleodotti ed i serbatoi a Nord-Ovest della Raffineria.

La Relazione Technital indica in 75-80 m s.l.m. la quota sommitale della discarica. Il sistema delle arginature è costituito dall'argine perimetrale e dai successivi argini. Lungo il lato Sud Est, parte dell'argine perimetrale di base è stata sostituita da una paratia di pali a seguito di un evento franoso del 2000. Una paratia di pali di grande diametro è stata realizzata lungo la porzione Nord Ovest per un altro piccolo evento franoso. Fuoriuscite di percolato sono state allora osservate.

La Relazione Technital indica per il diaframma in cemento/bentonite uno sviluppo planimetrico di 5,483 m con uno spessore tra 0.6 m e 1 m, la cui efficienza è controllata dai piezometri interni (V) ed esterni (Z).

Il percolato prodotto nell'ammasso dei rifiuti viene estratto da una serie di pozzi. Quelli attivati nel 2019 per la MISE, ubicati nei settori nord-occidentale e, parzialmente, orientale della discarica (Figura 1-8 della Relazione Technital), controllano il livello piezometrico per impedire, mediante emungimento, la diffusione del percolato all'esterno della discarica.

La Relazione Technital indica che durante l'esercizio della discarica Malagrotta sono stati realizzati molti piezometri di controllo (Fig. 1-9 della Relazione Technital), che costituiscono la rete interessata dal Piano di Caratterizzazione:

- 7 piezometri interni (V) e 23 piezometri esterni (Z) per il monitoraggio automatico della falda;
- 9 piezometri (NP) e 42 esterni (PL) per accertare la presenza di un plume di contaminazione La documentazione pregressa è riportata in breve.

La Relazione Technital ripota una sintesi degli aspetti fondamentali emersi dall'analisi della documentazione pregressa. Le considerazioni più significative sono qui di seguito riportate.

(1) Relazione del Centro interuniversitario di tecnologia e chimica dell'ambiente (2010).

I terreni ghiaiosi e le alluvioni sono sede di una falda sostenuta dalle argille di base, affiorante dove sono stati eseguiti scavi profondi, con flusso generale da N a S. I fossi di Fontignano, Santa Maria Nuova ed il Rio Galeria risultano per lo più drenanti.

(2) Relazione PoliTO (2014).

Lo strato più profondo della Formazione di Ponte Galeria è sede di un acquifero freatico (Fig. 2.1 della Relazione Technital) con locali deboli confinamenti. La circolazione idrica sotterranea è stata modificata dalla rimozione dei livelli sabbioso-ghiaiosi e dai ritombamenti con lo scarto di cava. Le problematiche idrogeologiche derivano da misure limitate alla sola fascia perimetrale dell'area.

(3) Perizia tecnica per incidente probatorio – Relazione dei Consulenti Tecnici del GIP (2021).

Contenuti già riportati al precedente capitolo 3B della presente Relazione.

A parere della Relazione Technital le misure del livello piezometrico (luglio 2020) su 90 piezometri, interni ed esterni al polder, sono congruenti con le misure storiche. Le interpolazioni escludono l'area polder senza tener conto dalla sua presenza. Le isofreatiche, basate sui livelli dei piezometri e non su quelli dei pozzi del percolato, rappresentano la circolazione delle acque all'interno dei terreni di base quale ipotizzata, ma come esempio, dalla Relazione ISPRA (Fig. 2-2 della Relazione Technital). Nelle osservazioni alla perizia lo Studio Boeri scrive che possono esservi locali infiltrazioni del percolato nelle acque di falda interne al diaframma.

Oltre alle misure direttamente effettuate, la Relazione Technital analizza: a) i livelli misurati nei piezometri V, Z, PL e NP, i cui dati sono disponibili per le sole campagne di misura trimestrali n. 8, 9, 10 e 11; b) i livelli piezometrici dei pozzi del percolato (incompleti); c) i livelli dei piezometri esterni alla discarica. I piezometri interni hanno livelli piezometrici maggiori di quelli esterni con, un flusso in uscita o attraverso il diaframma o per sormonto dello stesso (Fig. 5-7 della Relazione Technital).

La Relazione Technital afferma che il percolato viene estratto principalmente da pozzi azionati manualmente ogni giorno, dal lunedì al venerdì. Le differenze di livello tra accensione e spegnimento sono tra 1-2 m e 5-6 m (Fig. 5-9 della Relazione Technital).

La stessa Relazione Technital riporta:

1) la Carta idrogeologica di Roma redatta dall'ISPRA alla scala 1:50.000 : le isofreatiche hanno quote tra 25 e 18 m s.l.m.

2) la Carta delle isofreatiche redatta da PoliTO (2013) interpolando separatamente i dai dei piezometri interni ed esterni (Fig. 5.14 della Relazione Technital).

3) due carte delle isofreatiche una elaborata per E. Giovi (2008) e l'altra redatta dal geol. Bonfà (2011).

In definitiva, all'interno della discarica la Relazione Technital conclude per un flusso radiale dalle zone più sommitali verso Sud e verso il diaframma (Fig. 5-16).

Per gli accertamenti sul diaframma Tchinital ha effettuato n° 4 saggi con escavatore (Fig. 6-4 e 6-5 della Relazione Thnnital) e sono state effettuate numerose indagini geoelettriche (2D e 3D) longitudinali e trasversali alla discarica ed al diaframma. La Relazione Tchnital afferma che si evidenziano diffuse situazioni in cui i liquidi tracimano sopra o filtrano attraverso il diaframma plastico, inoltre filtrazioni attraverso il diaframma sono in più casi osservate al contatto fra diaframma e argille di base. In corrispondenza dei pozzi della MISE è notato un richiamo di percolato da maggiori profondità o dall'interno della discarica. I livelli piezometrici interni al polder indicano pressioni del biogas, fra 100 kPa e 220 kPa.

Nel Cap. 7 della Relazione Technital si definiscono i dati adottati per il modello concettuale di riferimento. Nella zona centrale della discarica il percolato si trova in pressione e la quota di 40 m s.l.m. è assunta come quota della superficie libera del fluido di saturazione del corpo dei rifiuti. Il volume totale di percolato presente in discarica, dato dalla somma della parte satura e di quella non satura, è calcolato in 11.707.243 m^3.

Il modello geologico di riferimento si basa sul Foglio 374 Roma 1:50.000 (2008) *[n.d.r.: in Fig. 7-8 indicato con foglio 474]*. La stratigrafia dell'area (Cap. 8 della Relazione Technital) è ricostruita a

partire dai sondaggi disponibili (Tabella 8-1 della Relazione Technital). Viene calcolato un volume di rifiuti di $46.3x10^6$ m^3. Si illustrano poi il modello numerico di flusso (spessore del diaframma 1 m e permeabilità $1x10^{-9}$ m/s) ed i risultati ottenuti. Non si considerano: i) le zone dove il livello di percolato comporta la tracimazione del diaframma stesso; ii) le zone dove l'alto livello di percolato è tale da generare un flusso attraverso il diaframma stesso *[n.d.r.: la frase originale (righe 20-24 di pag. 90) non è comprensibile]*. Le conducibilità idrauliche misurate e quelle adottate nel modello sono riportate in Tabella 8-2.

A seguito dell'insufficiente emungimento ed dell'assenza di una adeguata impermeabilizzazione superficiale, secondo Technital si è accumulato un volume di percolato di circa 11.7 milioni di m^3.

La carta delle equipotenziali (Fig. 8-9 della Relazione Technital), riferita allo stato attuale, è considerata simile a quella precedente (Fig. 7-4 della stessa Relazione). L'andamento della superficie libera del percolato in tre sezioni è riportato nelle Fig. 8-11, 8-12 e 8-13 (Relazione Technital) e l'andamento dei vettori di velocità per la sezione (Fig. 8-14 della Relazione Technital)

Vengono, infine, illustrati i possibili scenari di progetto.

3D- OTTOBRE 2022: TerreLogiche: Rapporto Finale – Indagini di caratterizzazione ambientale ex discarica di Malagrotta.

La TerreLogiche viene incaricata di "*effettuare una revisione dei dati raccolti nelle campagne di controllo delle acque sotterranee e superficiali raccolte dalla rete di monitoraggio dell'impianto eseguite secondo quanto dettato dal Piano di Caratterizzazione in vigore*".

Nel capitolo 2 l'area viene inquadrata da TerreLogiche dal punto di vista morfologico e geologico riferendosi alla relazione di A. Fabrizi (2007). Il ciclo trasgressivo sopra le argille di base è riportato in dettaglio (Fig. 5 del Rapporto Terrelogiche).

Dal punto di vista idrogeologico, la falda, presente nelle ghiaie e sabbie al tetto delle argille di base, ha un'area di ricarica a Nord della Via Aurelia ed alimenta il Rio Galeria con direzioni di flusso NE-SW in sinistra e NW-SE in destra del Fosso Galeria. Il diaframma realizzato ("polder") ha interrotto questa falda, determinando una variazione nella direzione di deflusso. All'interno del polder si ha una circolazione indipendente: nell'area esterna alla discarica le isopieze sono comprese fra 25 e 15 m s.l.m. all'interno e fra 30 e 15 m s.l.m. (Figura 10 del Rapporto TerreLogiche). La stratigrafia locale, ottenuta da 8 sondaggi, indica la presenza di orizzonti argillosi a profondità variabili tra 15 e 45 m. Al di sopra si ha un'alternanza di livelli acquiferi e di acquitardi

Nel capitolo 3 del Rapporto TerreLogiche sono riportati i superamenti delle Concentrazioni soglia di contaminazione (CSC) ed i valori di fondo indicati dalla normativa. Il maggior numero di superamenti si ha nei pozzi interni e, all'esterno, in due piezometri del settore nord-orientale, in uno del settore orientale ed in due del settore nord-occidentale.

Nel capitolo 4 del Rapporto TerreLogiche sono riportati i livelli piezometrici misurati nei piezometri delle 9 coppie interni/ esterni (Fig. 12). Dai dati risulta un gradiente idraulico positivo tra interno ed esterno con dislivelli tra 2 e 4 m con pochissime eccezioni (Tabelle 6 e Fig. 13 del Rapporto TerreLogiche). Sono riportati e commentati gli andamenti temporali dei livelli piezometrici rilevati tra ottobre 2020 - dicembre 2021. Il Rapporto osserva: una buona costanza dei livelli piezometrici nella serie NP e Z ed una moderata risalita in gran parte della serie PL.

I livelli piezometrici sono analizzati da Terre Logiche raggruppando i punti di controllo in base alla profondità e confrontandoli con la pluviometria alla stazione meteorologica dell'impianto di Malagrotta. Le classi di profondità scelte sono: <14m, 14-25 m, 25-38 m, 38-54 m e 87 m (Figure 15, 16, 17, 18 e 19)

Le carte piezometriche sono ricostruite da TerreLogiche per l'11° e 12° campagna di misura, escludendo i punti interni al polder. La distribuzione dei punti di misura non è ritenuta ottimale essendo limitata al solo contorno dell'impianto mancando anche misure del pelo libero dell'acqua nei corsi d'acqua. Le piezometrie sono considerate solo indicative e non rappresentative (Figure 23 e 24). Le due superfici piezometriche mostrano andamenti simili nel settore nord orientale, ma differenti al margine occidentale *[n.d.r.: nel testo si fa riferimento a PL48 che non è in questa area; forse PL47]* ed a quello meridionale dell'area: differenze forse dovute ad incompletezze nelle serie di dati o ad un effetto drenante del Fosso S. Maria Nuova.

Nel capitolo 5 del Rpporto TerreLogiche si descrive in dettaglio la grande variabilità chimica di alcuni parametri delle acque sotterranee. I dati raccolti, categorizzati per profondità, non evidenziano una netta differenziazione, ma i valori massimi si hanno sempre nei pozzi con profondità tra 13.3 e 25 m (Figure 27 e 28 del Rapporto TerreLogiche). Nelle acque di scorrimento superficiale non sono osservati particolari trend temporali, ma solo una diversità di comportamento tra campioni prelevati a monte ed a valle (Figure 43 – 45 del Rapporto TerreLogiche).

La caratterizzazione delle facies geochimiche (capitolo 6 del Rapporto TerreLogiche) è stata effettuata utilizzando i dati dei campionamenti da novembre 2020 a dicembre 2021 (Tab. 7) *[n.d.r.: manca il paragrafo 6.1]*. In estrema sintesi, il chimismo delle acque è dominato dalla facies geochimica Ca-HCO_3 con un ristretto numero di acque a chimismo Na-HCO_3, CaCl e NaCl.

Il Rapporto TerreLogiche evidenzia la classificazione delle acque sotterranee e superficiali: acque interne in facies Na-Cl dovute al mescolamento con il percolato e ad interazioni acqua/roccia; acque interne con caratteristiche simili a quelle del percolati; acque esterne con la stessa facies dovute a ipotetici mescolamenti tra acque interne ed esterne; possibili relazioni tra acque contaminate interne ed esterne.

Nel capitolo 7 del Rapporto TerreLogiche sono riportati i risultati delle analisi isotopiche. Nei diagrammi δ^2H - $\delta^{18}O$ si fa riferimento alla retta meteorica mondiale ed a quella dell'Italia centrale. I diagrammi (Figure. 79 e 80) mostrano un forte 'shift' positivo del deuterio nei percolati e in gran parte delle acque interne ed esterne. I campioni di Rio Galeria risultano più positivi rispetto a quelli campionati nel Fosso di Fontignano e Santa Maria Nuova. E' probabile che la dispersione osservata in questi ultimi due fossi sia da ricondurre ad una loro azione drenante sui corpi idrici sotterranei locali. I campioni del Rio Galeria appaiono in generale molto più omogenei.

Il trizio (capitolo 7 del Rapporto TerreLogiche) è considerato l'isotopo più utile per il riconoscimento della contaminazione da percolato: quando correlato con altri parametri chimici (e.g. cloruro, ammoniaca, domanda chimica di ossigeno-COD) permette di verificare se la variazione nel parametro chimico considerato sia attribuibile al percolato o ad altra causa naturale o antropica. I risultati delle analisi condotte sono riportati in Fig. 83 del Rapporto. In tutte le aree, ad eccezione delle aree di valle e di monte idrogeologico, i valori mediani risultano maggiori del massimo rilevato nelle acque meteoriche dalla stazione di Pisa nel triennio 2014-2016. Negli altri settori si hanno valori superiori al massimo rilevato nelle piogge della stazione di Pisa e sono, quindi, da considerarsi potenzialmente affetti da contaminazione da percolato. I risultati evidenziano dispersioni di percolato nella quasi totalità del perimetro (Figure 85 e 86 del Rapporto).

Il Rapporto TerreLogiche sottolinea, tuttavia, la necessità di stabilire un valore di fondo per l'attività trizio nelle acque sotterranee. Nel caso di Malagrotta, il confronto tra profondità della misura e tenore in trizio (riportato in Fig. 87) non evidenzia alcuna correlazione tra tempi di infiltrazione-circolazione delle acque e contenuto in trizio a causa della diffusa contaminazione da percolato. Segue una dettagliata analisi statistica per valutare il possibile livello di background naturale da prendere come riferimento per individuare la presenza di interazioni con il percolato. In conclusione le elaborazioni confermerebbero la presenza di contaminazione da percolato nelle acque sotterranee su praticamente tutto il perimetro della discarica.

Contaminate risultano anche gran parte delle acque superficiali. Il Rapporto TerreLogiche afferma che può esservi contaminazione anche con bassi valori di trizio in caso di variazione dei valori: ad esempio, nel campione di Ponte Deco sono stati osservati valori più alti rispetto a Ponte Aurelia (Fig. 92 del Rapporto TerreLogiche) dovuti ad una possibile contaminazione a Ponte Deco, anche se i valori di trizio non sempre superano i limiti di riferimento.

A valle di P. Inceneritore AMA e P. Agip si hanno valori anche superiori al limite che possono derivare dall'immissione nel Rio Galeria di percolato depurato in uscita dagli impianti di depurazione della discarica. Vengono indagate le correlazioni trizio-Cl, trizio-COD, trizio-Ntot, trizio-alcalinità, trizio-metalli/non metalli e trizio-composti organici *[n.d.r.: diagrammi di Figura da 94 a 99 praticamente illeggibili]*.

Nel capitolo 8 del Rapporto TerreLogiche vengono date alcune indicazioni in merito alla necessità di proseguire le attività di controllo delle acque sotterranee, delle acque superficiali e del percolato. L'allargamento della rete di monitoraggio è considerata necessaria per delimitare l'area interessata dalla contaminazione da percolato visto che l'attuale rete di controllo si trova quasi interamente all'interno del *plume* di contaminazione *[n.d.r.: plume che non è stato definito]*.

Il capitolo 9 del Rapporto è un riassunto dei risultati ottenuti dalle analisi.

3E - Settenbre 2023: Relazione del dott. geol. Pietro Simone, Valutazione di stime pregresse in relazione ai volumi di percolato presenti nella discarica di Malagrotta. Su incarico di dott.sa Carmelina Scaglione legale rappresentante di E. Giovi srl.

La relazione Siomone riporta le stime del quantitativo di percolato presente ed estraibile nella discarica di Malagrotta, considerando gli studi condotti dai tecnici dell'ISPRA (2021) e da Technital (2022), già sintetizzate in precedenza.

Nella Relazione Simone è' stimato un volume di rifiuti saturi pari a 18.500.140 mc. Volendo considerare la sola aliquota di percolato estraibile è stata applicata una riduzione di 2 m al battente di percolato, ottenendo così un volume di rifiuti saturi pari a 15.992.540 mc. I volumi di percolato minimo e massimo sono stimati tra 270.502-270.876 m^3 e 925.007-1.334.065 m^3, con una media di percolato estraibile di 700.113 m^3.

Si sottolinea, infine, l'importanza di approfondire l'influenza del biogas sui livelli del percolato nei pozzi di monitoraggio ed estrazione, in quanto le pressioni potrebbero portare a sovrastime delle misure.

4. Note ed articoli scientifici

4A – 1990: L'impatto delle attività antropiche sulle acque sotterranee nell'area di Malagrotta (Roma). Pubblicazione scientifica di L. Galeotti, R. Gavasci, A. Prestininzi e C. Romagnoli sulla Rivista Geologia Applicata ed Idrogeologia (Bari).

La sequenza litologica è descritta in dettaglio, indicando gli spessori dei differenti livelli costituenti i depositi sedimentari. La formazione ghiaioso-sabbiosa (formazione di Ponte Galeria) costituisce l'acquifero locale con uno spessore di 4-6 m con direzione di flusso NE.SW. Falde acquifere sospese sono sostenute dai livelli argillosi presenti nella formazione di Ponte Galeria. Presente una falda di subalveo nelle alluvioni del Fosso Galeria.

L'articolo sottolinea come nel corso degli anni si siano avute profonde modificazioni idrogeologiche e della qualità delle acque come effetto combinato dell'attività estrattiva, dello smaltimento di rifiuti, degli insediamenti abitativi e dell'attività agricola e zootecnica. L'asportazione di circa 200 milioni di m^3 di sabbie e ghiaie ha causato un abbassamento del rilievo di circa 20 m ed una variazione del deflusso superficiale. Sostanziali variazioni idrogeologiche sono derivate, oltre che dall'asportazione di parte del terreno acquifero, dalla formazione di piccoli laghi per intercettazione della falda e dalla sistemazione dei materiali di risulta a minor permeabilità. Nell'area sono stati smaltiti rifiuti a partire dagli anni '50. Nel 1988 sono state individuate 11 discariche di rifiuti in cave abbandonate per un totale di $5x10^6$ m^3. L'attuale impianto di smaltimento RSU entra in funzione nel 1974 e la discarica Malagrotta viene bonificata ed adeguata nel 1987.

Fenomeni di inquinamento sono osservati nel subalveo del Fosso Galeria e nella falda sospesa superstite nelle aree centro-settentrionali ad E del Fosso Galeria. Nelle acque superficiali si notano contaminazioni da fosse biologiche (abitato di Massimina) lungo il fosso Fontignano e da allevamenti zootecnici lungo il Fosso Galeria. Inquinamento è osservato in sinistra del Fosso Fontignano causato dallo spargimento di residui organici provenienti dall'impianto di riciclaggio.

In conclusione la pubblicazione mette in evidenza un'elevata degradazione delle risorse idriche superficiali e profonde dovuta: alla presenza di rifiuti e di RSU di età diversa; alle fosse biologiche di Massimina; agli scarichi di allevamenti zootecnici; alle attività industriali e artigianali ed allo spargimento di fertilizzanti.

4B – 2021 - The cement-bentonite diaphragm of the Malagrotta municipal waste landfill (Rome, Italy): efficiency analysis. Puibblicazione scientifica di F. Braga e A. Prestininzi, su Italian Journal of Engineering Geology and Environment (2021).

Nell'articolo si esamina il diaframma realizzato nell'area di Malagrotta (settembre 1986 - novembre 1987) al fine di verificare il suo livello di efficienza in termini di conducibilità idraulica e di comportamento. Sono riportate le quote del tetto e della base del diaframma e le corrispondenti quote del terreno (Fig.2 della pubblicazione). La direzione generale del flusso idrico sotterraneo è originariamente da NE a SW; nel 2017 si ha, a monte della discarica, una separazione del flusso esterno alla discarica a dimostrazione dell'efficacia del diaframma (Fig. 4 della pubblicazione). All'interno della discarica è indicata la presenza di una falda separata da quella esterna.

Per definire l'efficienza idraulica e meccanica del diaframma sono stati eseguiti test di stress idraulici sulla coppia di piezometri V7 (interno) e Z7 (esterno), schema del test in Fig.3. I test sono

eseguiti emungendo i pozzi interni vicini e misurando il livello nei piezometri interno ed esterno. I risultati (Fig. 5 e Tabella 2ells pubblicazione) indicano che variazioni del livello intorno ad 1 m nel piezometro interno sono accompagnate da variazioni intorno ad 1 cm in quello esterno. La risposta all'emungimento dei pozzi interni è pressoché istantanea, indicando un comportamento del terreno tipicamente non drenato. Utilizzando la legge di Darcy, la velocità di flusso dovrebbe essere infatti infinita: la risposta istantanea e molto ridotta del piezometro esterno può essere attribuita solo alla deformazione elastica del terreno in risposta alla variazione dello stato tensionale efficace. La risposta del sistema terreno-diaframma alle variazioni dello stato tensionale indotte è evidenziata dall'analisi della corrispondente deformazione del diaframma (Tabella 3 e Fig.6 della pubblicazione).

In definitiva le analisi idrauliche e meccaniche condotte dimostrano che il comportamento del diaframma è in linea con i dati di progetto e di prova, confermandone l'efficienza idraulica.

4C – FEBBRAIO 2024: Nota di valutazione sulle attività di indagine eseguite da TerreLogiche srl nell'ambito del piano di caratterizzazione ambientale della discarica di Malagrotta, redatta dal Prof. Ing. G. Sappa.

Si sottolinea in premessa che il Piano di Caratterizzazione Ambientale, autorizzato nel 2017 con Determinazione Dirigenziale QL/233/2017 di Roma Capitale, è definito "Piano di caratterizzazione ex discarica di Malagrotta - Piano di Indagine per la determinazione del plume di contaminazione" nell'ipotesi che la discarica di Malagrotta sia la sorgente dello stato di contaminazione dell'acquifero circostante. Si sarebbe dovuto, quindi, determinare l'estensione dell'area contaminata per effetto della propagazione di inquinanti nelle acque sotterranee a partire da una sorgente, cioè dalla Discarica di Malagrotta.

Nel suo Rapporto finale la TerreLogiche sintetizza e commenta i risultati delle analisi condotte su campioni prelevati in 84 pozzi di monitoraggio (9 interni e75 esterni) ed in 9 punti lungo i corsi d'acqua Fosso Fontignano e Fosso Santa Maria. Si ritiene che ogni valutazione avrebbe dovuto necessariamente essere condotta, a differenza di quanto fatto da TerreLogiche, distinguendo i dati dei campioni dei pozzi interni da quelli esterni, essendo le due circolazioni idriche, interna ed esterna, indipendenti, come sottolineato dallo stesso Rapporto TerreLogiche in Tabella 6 ed in Figura 13. Si rileva che, se ci fosse continuità idraulica fra interno ed esterno, i livelli piezometrici interno ed esterno avrebbero dovuto essere paragonabili, essendosi certamente raggiunto un sostanziale equilibrio dinamico. I due set di analisi, relativi ai piezometri interni ed esterni, avrebbero dovuto essere trattati separatamente. Tutte le considerazioni e le valutazioni numeriche fatte sono di conseguenza relative ai risultati di analisi eseguite sui campioni prelevati nei soli 75 piezometri esterni, presentando i 9 interni un inevitabile stato di contaminazione.

Tutti i dati sono stati elaborati in questa nota per determinare le aree maggiormente interessate dai fenomeni di superamento delle CSC ed individuare la presenza di un plume di contaminazione. L'area è stata suddivisa in 8 quadranti identificati dalle direzioni geografiche (Tavola 2). E' stata, quindi, calcolata la percentuale dei superamenti rilevati all'interno di un singolo quadrante rispetto al totale dei superamenti registrati nell'intera area di studio, evidenziando così l'incidenza della contaminazione rilevata in un singolo quadrante rispetto allo stato di contaminazione complessivo. Sono state considerate tre classi di percentuale di superamento: inferiore, maggiore e superiore al doppio della percentuale di pozzi (Tabella 1).

Dalle elaborazioni risulta una distribuzione di pozzi alquanto uniforme, ma non analogamente in quella dei superamenti che è prevalente in gran parte dell'area Nord cioè nell'area correttamente considerata come monte idrogeologico della discarica. Si conferma così, come affermato anche dal Rapporto di TerreLogiche, che non è possibile individuare un plume di contaminazione, non emergendo con chiarezza la presenza di una sorgente di contaminazione, condizione necessaria per poter determinare un plume.

Alle stesse conclusioni si perviene considerando i risultati delle analisi isotopiche che hanno coinvolto la determinazione del connotato in Tritio, Deuterio (^{2}H) e Ossigeno 18 (^{18}O), per i quali non esistono tuttavia limiti stabiliti dalla normativa. Per quanto riguarda l'applicazione di Deuterio e Ossigeno 18 come traccianti dello stato di contaminazione il Rapporto TerreLogiche riporta i risultati ottenuti senza però giungere a conclusioni che indichino l'esistenza di un plume di contaminazione. Con riferimento, alla Figura 79 del Rapporto TerreLogiche si rileva che i simboli che presentano un sensibile eccesso in δD, indicatore di inquinamento da percolato, appartengono a campioni di percolato o prelevati in piezometri interni al polder. Nello stesso diagramma tutti i campioni provenienti da pozzi posti a valle idrogeologico della discarica, si allineano lungo la retta meteorica assunta come riferimento e, quindi, non risultano affetti da potenziali fenomeni di contaminazione. Gli eccessi di Deuterio in Figura 80 indicano che l'acquifero esterno al polder è contaminato ma il diagramma non indica alcun nesso di causalità fra interno ed esterno della discarica.

In sintesi la nota del Prof. Ing. Sappa afferma che: i) La circolazione idrica sotterranea interna e quella esterna sono separate; ii) i risultati delle analisi chimiche ed isotopiche avrebbero dovuto essere trattati separando i dati provenienti dai piezometri esterni da quelli provenienti dai piezometri interni; iii) i risultati delle 12 campagne di monitoraggio non consentono di individuare alcun plume di contaminazione; iv) i risultati delle analisi isotopiche (Tritio, Deuterio ed Ossigeno 18) non evidenziano nessi di causa ed effetto tra acque sotterranee interne e quelle esterne.

La nota conclude che il Rapporto TerreLogiche non determina un plume di contaminazione perché non è possibile costruirlo dove non è possibile stabilire una sorgente di contaminazione. E', invece, ragionevole sostenere che l'area sia interessata dalla presenza diffusa di contaminanti nelle acque sotterranee, causata dalla sovrapposizione nel tempo e nello spazio di numerose attività ad elevato impatto ambientale.

***4D – FEBBRAIO 2024*:** Lettera di Manlio Cerroni alla D.ssa Laura Codruta Kovesi, European Public Prosecutor's Office, Luxembourg.

Manlio Cerroni è ideatore e creatore del complesso industriale della Città delle Industrie Ambientali di Malagrotta, autorizzato nel 2012 dal Piano Regionale dei Rifiuti della Regione Lazio a trattare una quota rilevante dei rifiuti indifferenziati di Roma.

Nella sua lettera sostiene, motivando, che:

- La discarica di Malagrotta non può essere qualificata come "abusiva".
- Non può essere qualificata, con riferimento alle soglie di rischio, come "sito inquinato".
- Non è ragionevolmente possibile stabilire un nesso di causalità fra stato di contaminazione delle acque sotterranee esterne ed interne.
- Non è possibile stabilire un nesso di causalità fra la discarica e lo stato di contaminazione dell'acquifero esterno al polder di Malagrotta.

Sottolinea, quindi, alcuni aspetti delle numerose perizie e relazioni redatte a vario titolo.

(1) La perizia tecnica di incidente probatorio (2022): Nelle conclusioni i periti dell'ISPRA scrivono tra l'altro che "non c'è stata fuoriuscita diretta di percolato all'esterno del Polder" e "non è emersa alcuna evidenza che siano presenti fuoriuscite di questo tipo".

2) La Relazione Technital (luglio 2022): Si quantifica erroneamente in 11 milioni di metri cubi il percolato presente nella discarica di Malagrotta.

3) La Relazione Montana Spa (10.09.2023): Su incarico dell'ex Amministratrice della E.Giovi Srl, si richiede alla Montana Spa un'analisi approfondita dei risultati delle due relazioni tecniche redatte da ISPRA e da Technital in merito ai volumi di percolato nella discarica di Malagrotta.

Si sottolinea che la realizzazione di un secondo polder è conseguente all'errata valutazione dei volumi di percolato ed alla sua possibile tracimazione oltre il diaframma esistente. La tenuta del diaframma esistente è dimostrata dalla pubblicazione scientifica dei Proff. Braga e Prestininzi.

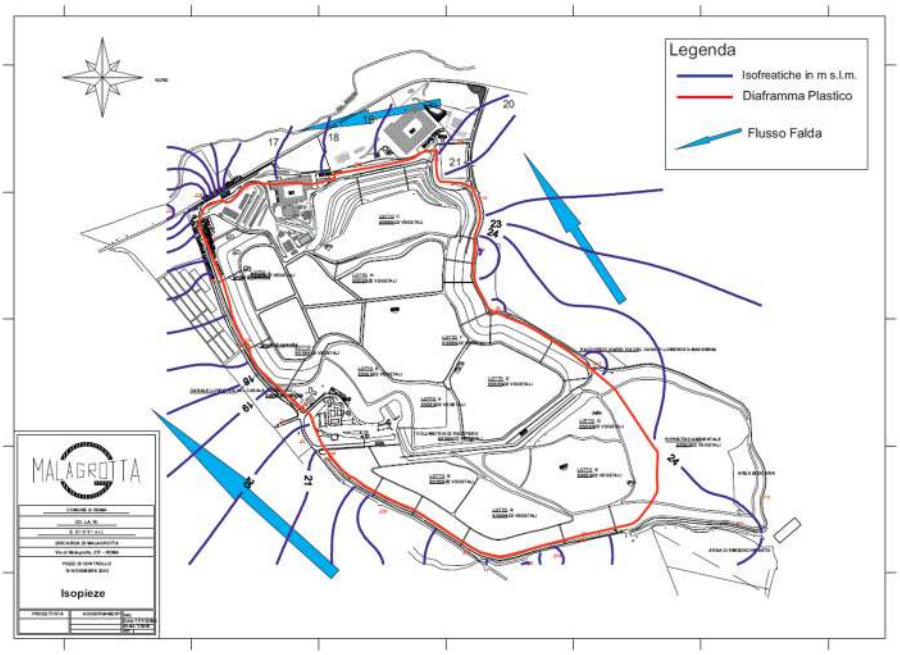
L'ipotesi di un possibile contatto tra l'interno e l'esterno della discarica è contenuta nella relazione del Politecnico di Torino (2012) che aveva rilevato una variazione contemporanea nei due piezometri V7 e Z7, affermazione smentita dai test successivamente effettuati sulla stessa coppia di piezometri.

5. Osservazioni e commenti alle relazioni tecniche

Le tre relazioni a carattere tecnico, redatte negli anni su incarico di differenti committenti, presentano alcuni aspetti quantomeno discutibili.

5.1 – Relazione 2010 del Dott. Fabrizi per Giovi s.r.l. (cfr. § 3A)

Le direzioni di flusso indicata nella Carta delle isofreatiche (senza scala), qui di seguito riportata in Fig. 5.1a, non sono congruenti con le isofreatiche tracciate sul lato nord-orientale della discarica. Qui, infatti, in gran parte le isofreatiche indicano una direzione di flusso NE-SW verso il bordo della discarica, cioè verso il diaframma. Una condizione inaccettabile visto che il gradiente idraulico tra interno ed esterno è positivo in direzione opposta. Le direzioni di flusso dovrebbero essere parallele al bordo della discarica, come indicato nella successiva Fig. 5.1b, ripresa dallo stesso testo.



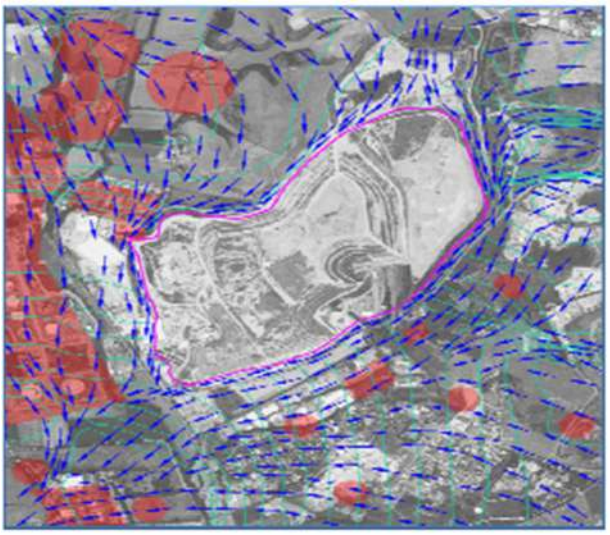


Fig. 5.1a (sopra): Carta delle isofreatche dell'area della discarica

Fig. 5.1b (a sinistra): Direzioni generali di flusso della falda

Figure riprese da Relazione Fabrizi (2010).

In definitiva la ricostruzione dell'assetto idrogeologico della vasta area intorno alla discarica Malagrotta non è in gran parte corretta. Per una corretta interpretazione si sarebbero dovute

costruire almeno due sezioni idrogeologiche in direzione longitudinale e trasversale alla discarica tenendo conto delle stratigrafie riportate in allegato nella stessa Relazione Fabrizi.

5.2 - Perizia tecnica per incidente probatorio dell'ISPRA, febbraio 2021 (cfr. § 3B)

Il modello concettuale di base, riportato in Fig. 5.1, è rappresentato da una sezione semplificata senza indicazione dell'orientamento e con una scala verticale decine e decine di volte amplificata rispetto all'orizzontale, così falsando l'impressione che si ha della discarica. Inoltre, in assenza di una scala di riferimento gli spessori dei differenti materiali non sono determinabili, anche se si può comunque notare la rilevanza degli spessori attribuiti agli argini ed ai materiali del fondo vasca e la presenza delle due formazioni in posto sottostanti la discarica. L'andamento del tetto del Complesso superiore eterogeneo è irrealistico. Il tetto del "complesso basale impermeabile" è posto sul lato di valle a quote inferiori a quelle di monte, mentre la bibliografia esistente indica una pendenza opposta (Fabrizi, 2010). In definitiva il modello concettuale proposto non è adeguatamente rappresentato.

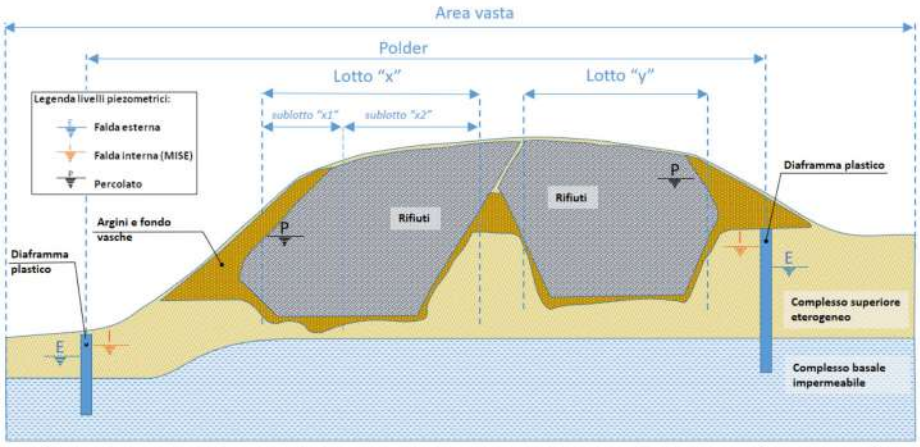


Fig. 5.1 – Il modello concettuale di ISPRA (da Figura 2.1 della perizia ISPRA).

La Perizia ISPRA fa riferimento sostanzialmente alla Carta idrogeologica di Roma, ad una scala non adeguata alle problematiche da affrontare nel sito di Malagrotta, ed alla ricostruzione della superficie piezometrica proposta nel "Piano di caratterizzazione ex discarica di Malagrotta, 2019", senza alcuna considerazione critica sui rapporti tra falda naturale sterna al polder e falda naturale presente nell'area interna al polder.

La Perizia ISPRA afferma che i terreni sul fondo dei lotti non costituiscono un isolamento impermeabile adeguato, essendo di natura limoso–sabbiosa–ghiaiosa (Complesso superiore eterogeneo). Questa affermazione, basata su un criterio esclusivamente descrittivo granulometrico, non tiene conto del fatto che la permeabilità verticale è fortemente influenzata dai livelli a minore permeabilità ed assume valori molto inferiori ai 10^{-5} m/s indicati (già di per sé scarsamente credibili) a causa della compattazione effettuata per realizzare il fondo delle singole vasche di abbancamento. Il modello idrogeologico reale è, quindi, molto differente da quello ipotizzato nella Relazione ISPRA.

Le attività dell'ISPRA si sono particolarmente concentrate nell'area dell''impianto di trattamento rifiuti TBM1 ed hanno portato alla ricostruzione della carta delle isofreatiche riportata in Fig. 5.2. La continuità delle isofreatiche da una parte all'altra del diaframma è incomprensibile, perché presupporrebbe un acquifero omogeneo non interrotto, come è in realtà, dalla presenza del

diaframma caratterizzato da permeabilità dell'ordine di decine di migliaia volte inferiori, da considerare praticamente impermeabile.

Considerazioni analoghe possono essere fatte al riguardo dell'ipotetica ricostruzione della piezometria interna al polder (Fig. 5.3): la direzione del flusso idrico, in prevalenza diretto verso il diaframma, non tiene conto della presenza di questa struttura, dotata di permeabilità molto inferiori, ed anche apparentemente degli effetti dell'emungimento effettuato nei pozzi MISE e CGT e della presenza della rete di raccolta del percolato alla base dei singoli lotti di abbancamento.

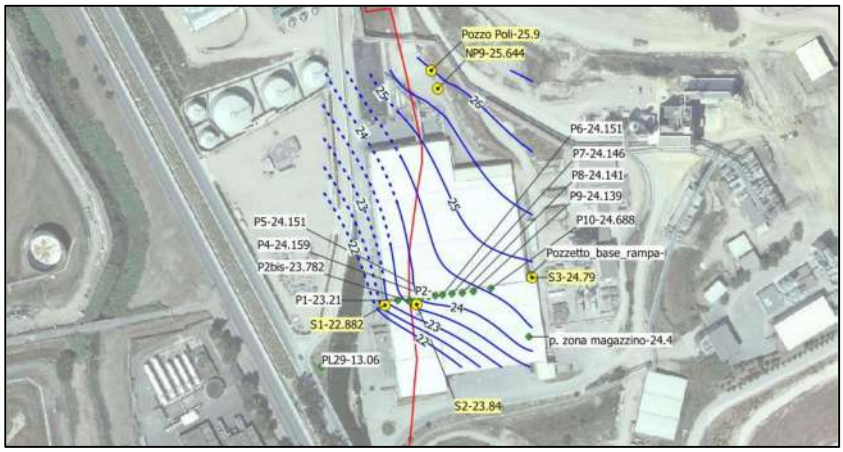


Fig. 5.2 – Carta delle isofreatiche dell'area TMB1 (da Figura 7.10 della perizia ISPRA, 2021)

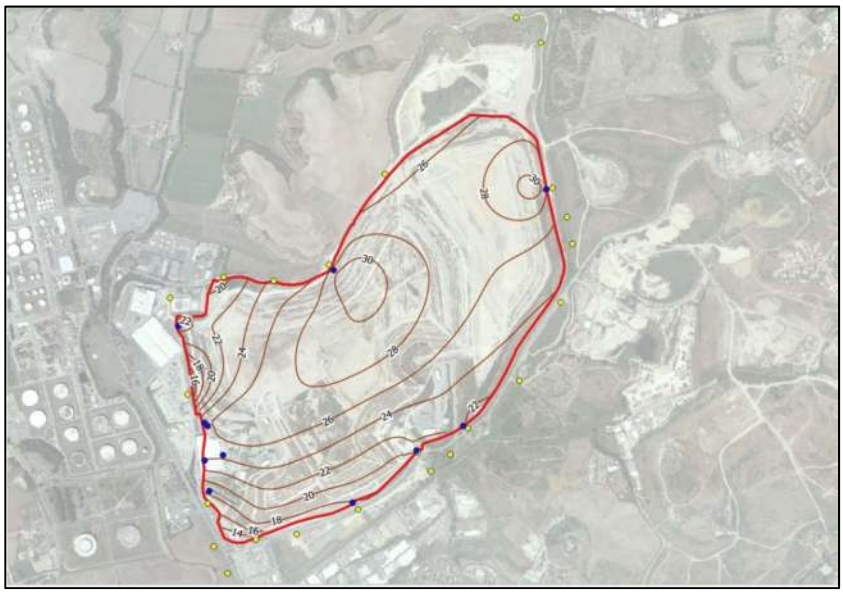


Fig. 5.3 – Ipotesi di ricostruzione della piezometria interna (da Figura 8.9 della perizia ISPRA, 2021).

Tra l'altro, le isofreatiche di quota 22 e 24 m s.l.m. sono qui perpendicolari al diaframma a differenza di quanto risulta nel particolare di Fig. 5.3, a dimostrazione della rilevanza delle condizioni al contorno imposte.

In conclusione, il modello idrogeologico ricostruito per la falda interna al polder (Fig. 5.3), anche se considerato come una semplice ipotesi nella Perizia ISPRA, non può essere considerato credibile poiché non tiene correttamente conto della presenza del diaframma, come indicano le direzioni di flusso verso il diaframma stesso.

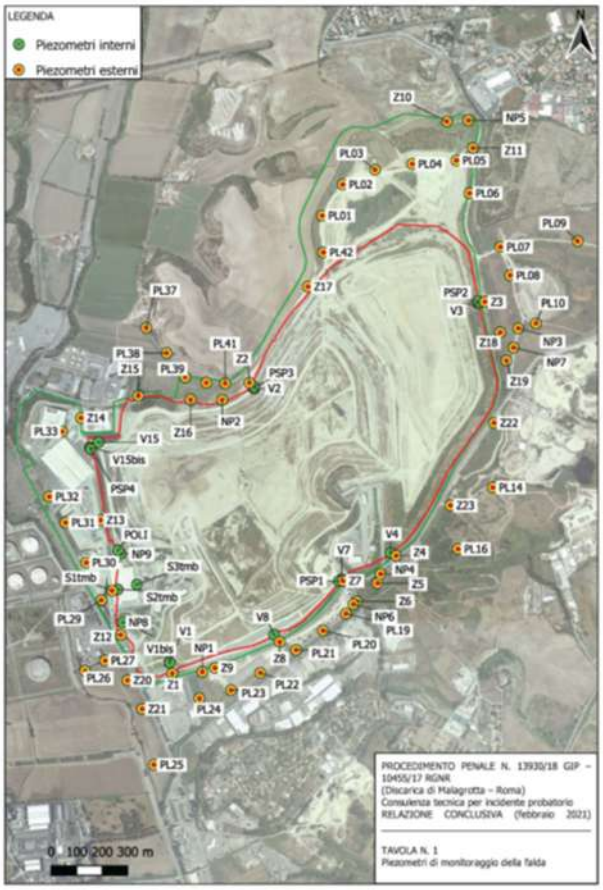


Fig. 5.4 – Planimetria con ubicazione dei piezometri di controllo (da Tavola 1 della Perizia ISPRA).

In merito alla falda naturale esterna al polder, basata su un gran numero di piezometri (Fig. 5.4), si riporta la carta della piezometria della Tavola 1 del *Piano di caratterizzazione ex discarica di Malagrotta*, 2015, che indica flussi idrici genericamente in direzione NE-SO paralleli ai lati nord-occidentali e sud-orientali della discarica (Fig. 5.5), una ricostruzione coerente con quella del PoliTo (2013) e con altre precedenti. La ricostruzione risulta non accettabile in alcune zone adiacenti al diaframma: in corrispondenza dei piezometri Z02-Z16 (a NO) dove il flusso è diretto verso l'esterno; in corrispondenza dei piezometri Z12 (ad O) e Z8 a SE dove il flusso è sempre diretto verso l'esterno ma le isofreatiche interne e quelle esterne sono tra loro perpendicolari. La condizione di cui all'area di Z2-Z16 implicherebbe che il flusso in uscita dal polder abbia una portata tale da modificare per un intorno discreto il flusso della falda naturale. Questa situazione potrebbe derivare dal numero insufficiente di dati e da un'ubicazione non idonea dei piezometri di controllo, ma anche e molto probabilmente dalla mancata considerazione della presenza del diaframma. La distribuzione delle isofreatiche interne ed esterne presente nelle aree di Z12 e Z8 dimostra da un lato l'efficienza idraulica del diaframma e, dall'altro, che la ricostruzione della piezometria interna non è realistica.

Queste situazioni possono derivare, come scrive anche la stessa perizia ISPRA, dal fatto che le caratteristiche dei piezometri sono potenzialmente problematiche per la comprensione delle dinamiche della circolazione idrica e per l'accertamento della potenziale contaminazione della falda, in particolare in conseguenza del fatto che la risposta dei piezometri risente in varia misura

dei diversi livelli piezometrici intercettati. Tutto ciò è particolarmente rilevante nelle problematiche affrontate, ma la Perizia ISPRA non ne tiene conto nelle sue conclusioni.

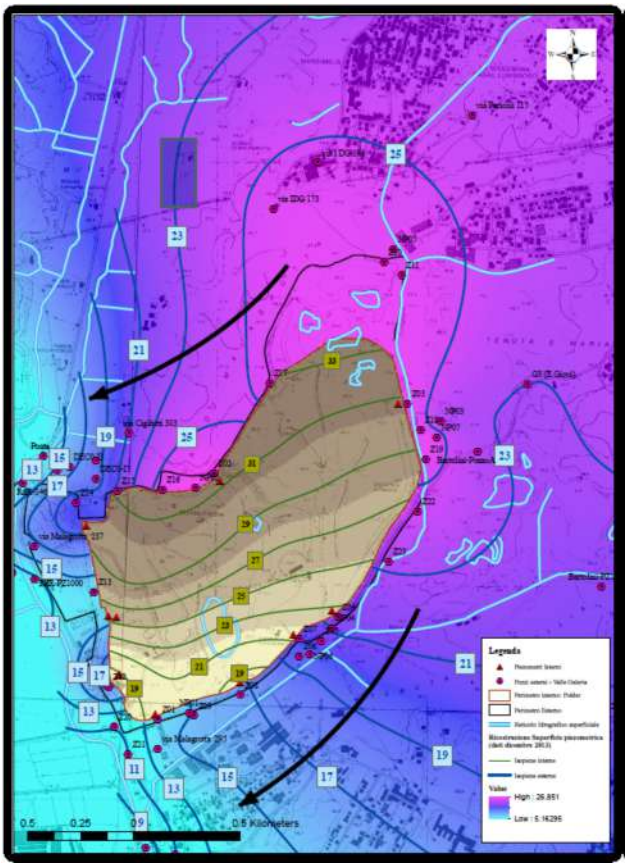


Fig. 5.5 - Ricostruzione Superficie Piezometrica (da Figura 3.4 della perizia ISPRA).

Le tre prove di sollecitazione idraulica, condotte per comprendere la dinamica della circolazione idrica nel sottosuolo e gli effetti indotti dalla presenza del diaframma, non avrebbero secondo la Perizia ISPRA dato alcuna indicazione utile: agli emungimenti effettuati in un piezometro non hanno corrisposto variazioni del livello idrico nei piezometri di controllo dopo circa 7 ore e questo sarebbe dovuto alla distanza tra i piezometri e l'esigua quantità del volume emunto. In realtà i tempi di risposta dipendono dalla permeabilità dei terreni attraversati e dal gradiente idraulico imposto e, volendo, si sarebbe potuto aumentare i tempi di emungimento, soprattutto per la coppia di piezometri più vicini, al fine di individuare l'inizio dell'arrivo del fluido nel piezometro di controllo. L'interpretazione dei test, fatta dalla Perizia ISPRA, non tiene conto adeguatamente dei risultati: in termini esclusivamente idraulici i risultati indicherebbero una irrealistica permeabilità infinita del mezzo attraversato o, in alternativa, l'assenza stessa del materiale da attraversare.

Più significativi sono i risultati ottenuti dal pompaggio dei pozzi ex CGT sui piezometri V7-Z7 sui quali era già stata effettuata una delle prove di sollecitazione idraulica. I CTU concludono dall'esame del grafico di Fig. 5.6 che l'emungimento operato dai pozzi CGT genera un effetto sia sul piezometro interno V7 che su quello esterno Z7, testimoniando così la connessione idraulica tra il sistema acquifero interno e quello esterno. In realtà la Fig. 5.6 mostra che le variazioni di livello in V7 (interno) sono contemporanee a quelle in Z7 (esterno) che non avrebbe dovuto mostrare alcuna variazione secondo l'interpretazione data per la prova di sollecitazione idraulica precedentemente illustrata. Le variazioni di livello osservate in Z7, ridotte ad 1/6 rispetto a quelle osservate in V7 (interno), non possono essere attribuite ad un processo di filtrazione per il quale occorrerebbero tempi di mesi se non di anni per percorrere gli 8 m che li separano, anche senza

considerare la presenza del diaframma impermeabile. Da notare anche che l'abbassamento della falda in CGT2 si risente in modo istantaneo, almeno osservando il grafico, sul piezometro V7 posto ad una distanza di circa 60 m, mentre nella corrispondente prova di sollecitazione idraulica dopo 7 ore non si osservava alcuna variazione del livello della falda.

L'interpretazione data dalla Perizia ISPRA in merito ai test idraulici effettuati è da rigettare in toto sottolineando anche che essa ha profondamente influenzato le conclusioni cui giunge la Perizia stessa.

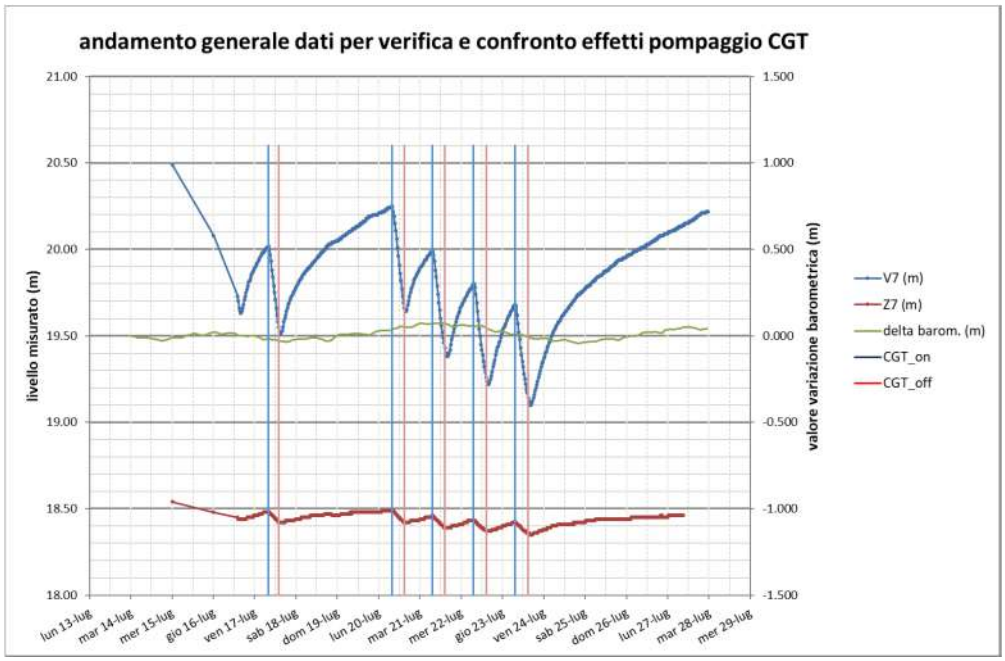


Fig. 5.6 - Variazioni del livello piezometrico nei piezometri V7-Z7 con l'emungimento dai pozzi ex CGT (da Figura 11.5 della Perizia ISPRA).

L'ipotesi fatta in Perizia ISPRA di uno scavalcamento della testa del diaframma da parte del percolato è alquanto fantasiosa vista la permeabilità attribuibile ai terreni del complesso superiore eterogeneo ed a quelli dell'argine e della copertura (capping). In quanto alla possibile interruzione della continuità del diaframma si sarebbe dovuta evidenziare nella prova di sollecitazione idraulica.

Nella Perizia si individua nel percolato presente all'interno dei lotti la sorgente di contaminazione delle acque sotterranee causata dalla sua miscelazione con le acque sotterranee attraverso i terreni a maggiore permeabilità presenti sul fondo e sugli argini delle vasche. L'affermazione che i terreni del fondo vasche e degli argini siano caratterizzati da permeabilità maggiori (si immagina rispetto a quelli del 'Complesso superiore eterogeneo') non è corretta: sono infatti costituiti dagli stessi terreni necessariamente compattati e, quindi, dotati di una conduttività idraulica di almeno 2/3 ordini di grandezza inferiore.

Le concentrazioni dei principali parametri indicatori di contaminazione da discarica sono state misurate in due piezometri interni e in uno esterno al diaframma (Tabella 12-5 della Perizia ISPRA). I risultati, considerati sostanzialmente analoghi, evidenzierebbero il collegamento idraulico tra l'interno e l'esterno del diaframma. A parte ogni considerazione sulla definizione di "continuità idraulica" assolutamente esistente nei sistemi naturali, una semplice analisi dei dati indica che i valori misurati nel piezometro esterno (S1tmb) risultano in buona parte superiori ai corrispondenti

misurati nei piezometri interni (S2tbm e S3tbm). Questa constatazione avrebbe dovuto portare a pensare che esiste un valore di fondo nella falda naturale indipendente dalla contaminazione con la discarica e che, quindi, la contaminazione invocata è solo un'ipotesi del tutto ingiustificata.

In merito alle analisi isotopiche viene notata la presenza di un gradiente della composizione che da valori simili al percolato si approssima sempre più a quella della retta delle acque meteoriche passando da V3→V7→V8→NP8→V1bis, una direzione che segue praticamente il perimetro del diaframma in senso antiorario ma alla quale non è stata data alcuna giustificazione e che, quindi, non ha alcun peso nella valutazione della contaminazione delle acque.

Al fine di valutare la tenuta e la permeabilità del diaframma sono state eseguite 2 prove di emungimento con tracciante della durata di 13 giorni: la Perizia ISPRA non le ritiene significative vista la breve durata della prova rispetto alla distanza tra i pozzi, anche se non sono evidenti i motivi per cui sono state interrotte. Una terza prova con traccianti (cloruro di litio), eseguita senza emungimento, ha coinvolto 4 pozzi interni e 7 esterni per una durata di 60 giorni: le variazioni osservate risultano comprese nel campo delle oscillazioni del valore "naturale" del parametro e, inoltre, si manifestano troppo rapidamente. Ai risultati è stata data una '*significatività affievolita'* a seguito delle condizioni idrogeologiche locali (alternanze di livelli a differente permeabilità) e delle caratteristiche costruttive e di efficienza dei piezometri. Considerazioni analoghe avrebbero dovuto essere fatte in tutte le analisi fatte visto che queste problematiche sono presenti ovunque.

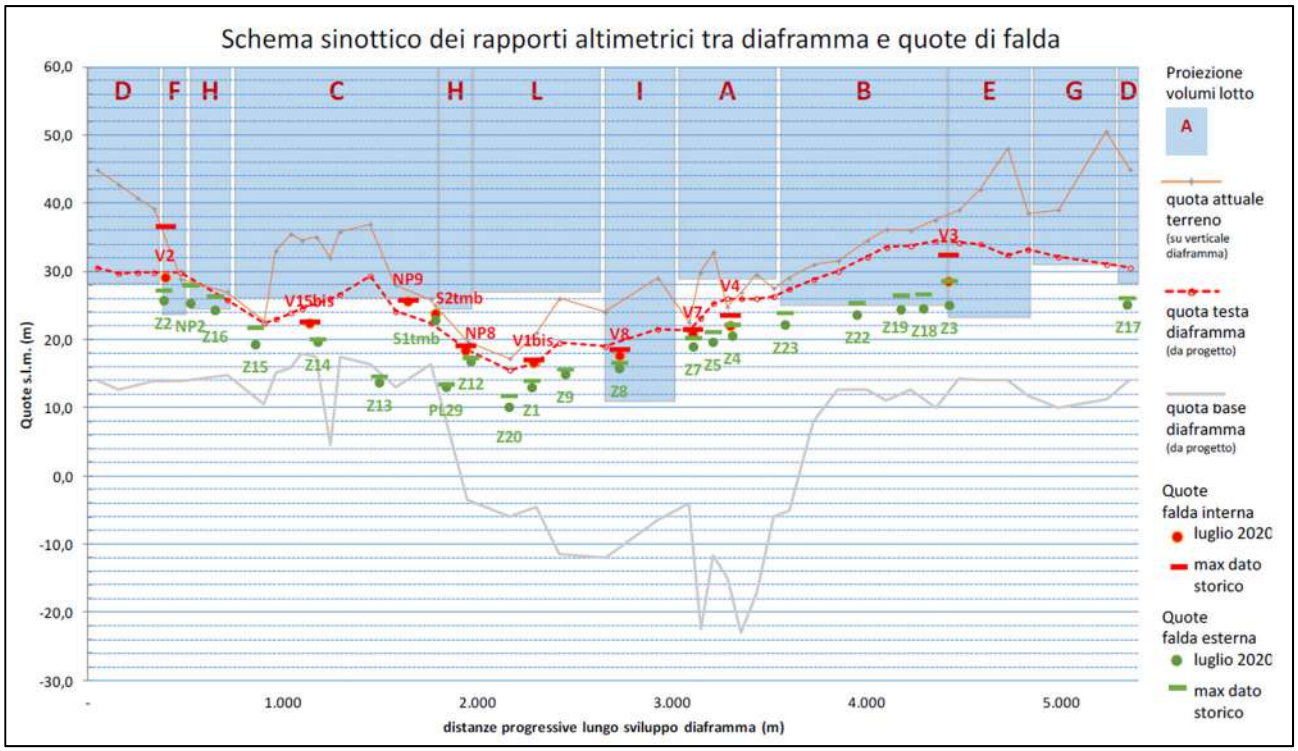


Fig. 5.7 – Schema dei rapporti altimetrici (da Figura 16.11 della Perizia ISPRA).

Sulla base di una dettagliata ricostruzione dei rapporti altimetrici (Fig. 5.7) la Perizia ISPRA considera problematiche le zone dove le quote di massima escursione della falda interna sono prossime o superiori alla testa del diaframma, perché sarebbe verosimile una "tracimazione" della falda interna. E' da considerare arbitraria la considerazione del solo massimo livello della falda e non anche il valore minimo e del tempo di permanenza della falda ai livelli minimi e massimi. Inoltre, la condizione di possibile tracimazione risulta solo in tre casi, in corrispondenza di V2 (per

il quale, però, la lettura del luglio 2020 è inferiore alla quota della testa del diaframma), di NP9 e di S2tmb (dove però anche la falda esterna sarebbe superiore alla testa del diaframma).

Nella Perizia ISPRA il diaframma è considerato come una 'soglia regolatrice', più che come un'effettiva barriera di contenimento idraulico della falda interna. Al tempo stesso, tuttavia, si sottolinea che le costanti differenze di quota tra le due falde interna e esterna possono indicare l'efficacia idraulica del diaframma.

Nelle risposte al Quesito 2 la Perizia ISPRA fan riferimento alle sole caratteristiche granulometriche dei terreni in merito sia ai processi di filtrazione che alla valutazione della permeabilità dei terreni. Al riguardo del primo aspetto si deve considerare che anche piccole percentuali di materiale fino (limo ed argilla) siano sufficienti a ridurre significativamente la permeabilità di un terreno a prevalente granulometria grossolana. Inoltre, il materiale del fondo vasca e degli argini è stato necessariamente compattato per la sua realizzazione e la permeabilità è, quindi, molto più bassa di quella che si può valutare in base a considerazioni puramente granulometriche. Ne consegue che il modello idrogeologico concepito non risponde alla realtà e porta ad interpretazioni e conclusioni non realistiche.

Nelle risposte al Quesito 3 la Perizia ISPRA conclude che le acque sotterranee interne al polder (acque di MISE) sono originate dalla miscelazione delle acque di infiltrazione meteorica con il percolato. Ne consegue necessariamente che le acque della falda naturale sono escluse da questo processo e questo può derivare solo da una perfetta tenuta idraulica del diaframma. Nessun riferimento è fatto al riguardo della contaminazione delle acque sotterranee esterne al diaframma.

In merito alla funzionalità del diaframma, la Perizia ISPRA individua due soli settori in cui si evidenzierebbe la comunicazione idraulica tra le acque interne al polder e la falda esterna, considerando immotivatamente i test di sollecitazione idraulica effettuati del tutto non significativi. Visto che i terreni interessati dalla filtrazione sono saturi, l'aspetto rilevante è rappresentato dai tempi di filtrazione che sono funzione della permeabilità dei terreni attraversati, tempi che possono essere indicativamente indicati al massimo tra poche decine di cm (terreni del complesso superiore eterogeneo) ed alcuni cm all'anno (terreni del complesso basale e del diaframma).

Considerando la ricostruzione della falda interna la Perizia ISPRA individua la necessità di avere un recapito esterno al polder. Nella realtà, osservando la loro ricostruzione della piezometria interna (Fig. 5.4) non esisterebbe un solo punto di recapito, ma più punti distribuiti lungo tutto il perimetro del diaframma che, tra l'altro, non sembrano tener conto del rilevante effetto dei pozzi di emungimento MISE e del costante dislivello tra falda interna ed esterna al polder. Ne consegue che la ricostruzione della superficie piezometrica interna al polder è poco credibile

L'affermazione che l'insieme diaframma-argini fornisca garanzie di tenuta molto inferiori per la tipologia eterogenea dei materiali impiegati, è inaccettabile perché, innanzitutto, non tiene presente la lunghezza dei percorsi di filtrazione. Inoltre, l'ipotesi che circolazioni idriche interne agli argini con spessori significativi al disopra del diaframma possa causare una fuoriuscita diretta di percolato è irrealistica come, infatti, sta a dimostrare l'evidenza che allo stato attuale non sono presenti fuoriuscite di questo tipo.

In definitiva, la Perizia ISPRA non arriva a conclusioni ragionevolmente accettabili soprattutto in merito all'efficienza del diaframma. La stessa Perizia ISPRA, infatti, sottolinea in premessa che i dati disponibili non sono sufficienti a rappresentare la complessa variabilità dei parametri presi in considerazione.

5.3 - Relazione luglio 2022 di Technital (cfr. § 3B)

La Relazione è stata redatta su incarico di E. Giovi s.r.l. in Amministrazione Giudiziaria Dott. Luigi Palumbo. La Relazione era relativa al Progetto definitivo per la "Copertura superficiale finale della discarica di Malagrotta", ma si inspiegabilmente interessa anche di altri aspetti pur se non strettamente collegati al tema di incarico.

In linea generale, la Relazione Technital è stata redatta in modo quanto meno frettoloso se non approssimativo: ad esempio, le scritte interne alle figure sono poco o affatto leggibili; il modello digitale del terreno (Fig. 1-3 della Relazione Technital) è poco significativo non essendo riportate le quote; in Fig. 1-4 sono rappresentati i lotti di abbancamento, ma in legenda non è specificato il significato delle fasce di separazione tra gli stessi lotti, larghe anche diverse decine di metri; le quote di progetto del fondo vasca (Tabella 1-1 della Relazione Technital) sono sensibilmente differenti da quelle utilizzate in Fig. 7-3, dove la base della discarica è posta a circa 0 m s.l.m. ad Ovest ed a circa 10 m s.l.m. ad Est, e nelle Figure da 8-4 a 8-6 della stessa Relazione.

In relazione agli scopi della Relazione Technital, non è evidenziata la necessità di esaminare i dati disponibili per la ricostruzione della piezometria esterna al polder, né di definirne i rapporti con quella interna. Tra l'altro, i dati disponibili sono spesso mescolati con le proprie interpretazioni. Nella Relazione Technital si ipotizza un processo di filtrazione dalla falda interna a quella esterna tramite un fenomeno di tracimazione o di filtrazione attraverso il diaframma plastico causato dalle differenti quote piezometriche. Ambedue le ipotesi sono in realtà improponibili: il rapporto tra livelli piezometrici e quota della testa del diaframma non comporta un reale processo di filtrazione attraverso il diaframma, vista la sua pratica impermeabilità e le lunghezze dei percorsi idraulici. Il "sormonto" ipotizzato, non dimostrato, non è sostenibile viste le caratteristiche geometriche ed idrauliche dei terreni coinvolti: questa ipotesi è completamente da rigettare. Tenendo conto dei possibili percorsi di filtrazione attraverso gli argini perimetrali e/o la copertura, ambedue costituiti da terreni necessariamente a bassa permeabilità, le zone di sormonto indicate (Fig. 5.8 da Fig. 5-7 della Relazione Technital) sono irrealistiche. In definitiva i dati indicano in realtà solamente che i due acquiferi, interno ed esterno, sono indipendenti come ampiamente dimostrato anche da altrerelazioni tecniche.

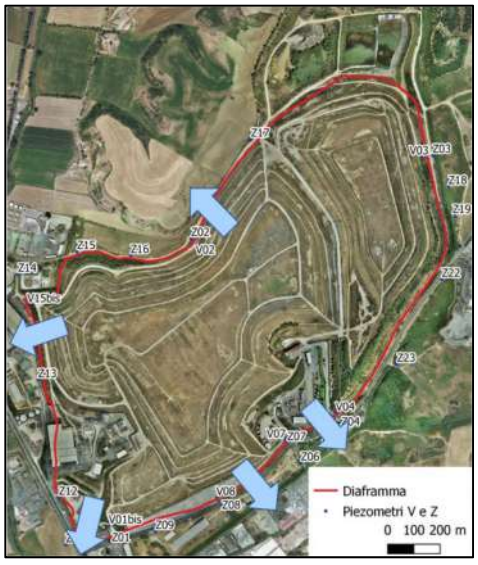


Fig. 5.8: Aree di sormonto del diaframma ipotizzate(da Fig. 5.7 della Relazione Technital)

La scelta di Technital di trattare i dati dei piezometri come serie numerica e non, come sarebbe stato idraulicamente utile, rispetto alla loro posizione non è assolutamente condivisibile e non può, così, fornire indicazioni utili alla comprensione dei fenomeni in atto (Fig. 1-9 della Relazione Technital), soprattutto in merito al fatto che le 4 misure effettuate nel corso di circa un anno sono molto poco differenti tra loro, ad eccezione dei piezometri PL09 e PL10 la cui prima lettura è certamente affetta da errore (Fig. 5-8 della Relazione Technital).

La ricostruzione della piezometria della falda interna fatta da Technital è basata su: i livelli dei piezometri del Piano di Caratterizzazione; i livelli piezometrici dei pozzi del percolato; le misure dei piezometri installati nell'ambito del Progetto Definitivo. Le misure dei piezometri del Progetto Definitivo, riportate in Tabella 5-6, sono però in gran parte inutilizzabili ed alcuni piezometri presenti in Fig. 5.11 della Relazione Technital non sono indicati nella Tabella. Si afferma che, confrontando i valori dei livelli piezometrici con la quota della testa del diaframma, i dati mostrerebbe che, in corrispondenza dei piezometri V1, V2, V7, V8 e V15, il livello della falda interna è più alto della testa del diaframma che verrebbe, di conseguenza, sormontato. Questa conclusione, oltre ad essere in contrasto con quanto risulta dalla successiva Relazione di TerreLogiche, è inaccettabile perché non tiene conto della distanza con il diaframma, quindi del reale percorso di filtrazione che attraversa i terreni di copertura (capping) dotati permeabilità molto più basse dei rifiuti.

L'assetto idrogeologico generale dell'area (§ 5.6 della Relazione Technital) è trattato accettando l'interpretazione di ISPRA (Perizia tecnica per incidente probatorio, 2021). L'andamento del carico piezometrico ricostruito e rappresentativo del percolato (Fig. 2.2 della Relazione Technital) indicherebbe un flusso della falda interna diretto sempre verso l'esterno della discarica corrispondente, pertanto, ad un acquifero interno non limitato da una struttura impermeabile quale è il diaframma. La ricostruzione della piezometria della falda interna al polder e di quella esterna sono poco credibili e, soprattutto, non danno alcuna interpretazione o indicazione sull'eventuale rapporto tra di loro.

Il paragrafo riguardante le indagini geofisiche (§ 6.3 della Relazione Technital) è illustrato da figure, dalla 6-8 alla 6-12, che non danno informazioni sufficienti ed adeguate, mancando inspiegabilmente della posizione e dell'orientazione delle sezioni, oltre che di un'adeguata legenda; la Fig. 6-11 è, inoltre, praticamente illeggibile. La Relazione Technital non interpreta il richiamo di percolato in Fig. 6.8, che si spingerebbe più di 20 m al disotto del tetto delle argille di base. Tutte le figure riportano solo parte dell'interno della discarica, per cui non ne illustrano assetto complessivo e sono, pertanto, non significative. Non è riportata, pur essendo necessaria, la posizione degli stendimenti geoelettrici trasversali e paralleli al diaframma. Lo stendimento geoelettrico sommitale (Fig. 6.12) riporta assurdamente la base dei rifiuti saturi alla quota di circa 0 s.l.m. ed anche meno.

A parere di Technital i risultati delle indagini evidenzierebbero improbabili e indimostrate tracimazioni delle acque contaminate sopra il diaframma o processi di filtrazione attraverso il diaframma ed al contatto fra diaframma e argille di base. Al riguardo si sarebbe dovuto considerare che, considerando un realistico coefficiente di permeabilità per il diaframma e per le argille di base ($k=10^{-10}$ m/s), ci vorrebbero diverse centinaia di anni per l'attraversamento, quindi tempi maggiori di quelli di mineralizzazione dei rifiuti e, soprattutto, con irrisori quantitativi di fluido in attraversamento lungo l'intera superficie del diaframma. Le conclusioni della Relazione a questo riguardo sono, di conseguenza, da rigettare nel loro insieme.

L’assunzione di un livello di saturazione orizzontale a +40 m s.l.m. (Fig. 7-3 della Relazione Technital) non tiene conto dei risultati della modellazione numerica effettuata. In Fig. 7-4 (Relazione Technital), infatti, le equipotenziali hanno quote di poco maggiori a NE, indicando un debole flusso diretto verso SW, ma sono limitate alla zona parte centrale dell’intera area del polder, degradando radialmente verso il perimetro del diaframma. La ricostruzione delle equipotenziali all’interno ed all’esterno del diaframma non appare corretta: in alcuni settori esse sembrano, infatti, essere continue tra interno ed esterno, una condizione che indicherebbe la completa assenza del diaframma, cioè un terreno idraulicamente omogeneo. In ogni caso, la Fig. 7-4 (riquadro di Fig. 5.9 della presente Relazione), che illustra l’andamento delle equipotenziali ricavato dai valori di riferimento presi in considerazione, è di difficile lettura sia perché l’indicazione delle quote non è correttamente posta, sia perché le equipotenziali sono rappresentate ogni due metri, mentre la scala colorimetrica della legenda è ogni 5 m. Non è discussa ed interpretata, inoltre, l’evidente e significativa differenza con i risultati della modellazione numerica in cui le quote massime della falda sono limitate alla sola metà nord-orientale della discarica (Fig. 5.9 della presente Relazione). Infine, non sono indicati i punti di misura che hanno consentito la costruzione delle equipotenziali sino ad un paio di km di distanza dal diaframma. In ogni caso, le equipotenziali non indicano all’esterno del diaframma direzioni di flusso concordanti con quella generale della falda freatica naturale (NE-SW).

In definitiva, assumere un livello di saturazione dei rifiuti uniformemente posto, da N a S, a +40 m s.l.m. rappresenta una semplificazione non accettabile. La Fig. 7-3 della stessa Relazione (copia della Fig. 6.12 della stessa Relazione) indica a SW una base dei rifiuti a circa 0 m s.l.m., un dato irrealistico visto che la quota delle alluvioni del Fosso Galeria è in corrispondenza intorno ai 15-16 m s.l.m.. Il dato, inoltre, è molto differente dalle quote indicate nelle successive Figure 8-4, 8-5 e 8-6. In pratica le quote topografiche risultano troppo approssimative, comunque inaccettabili.

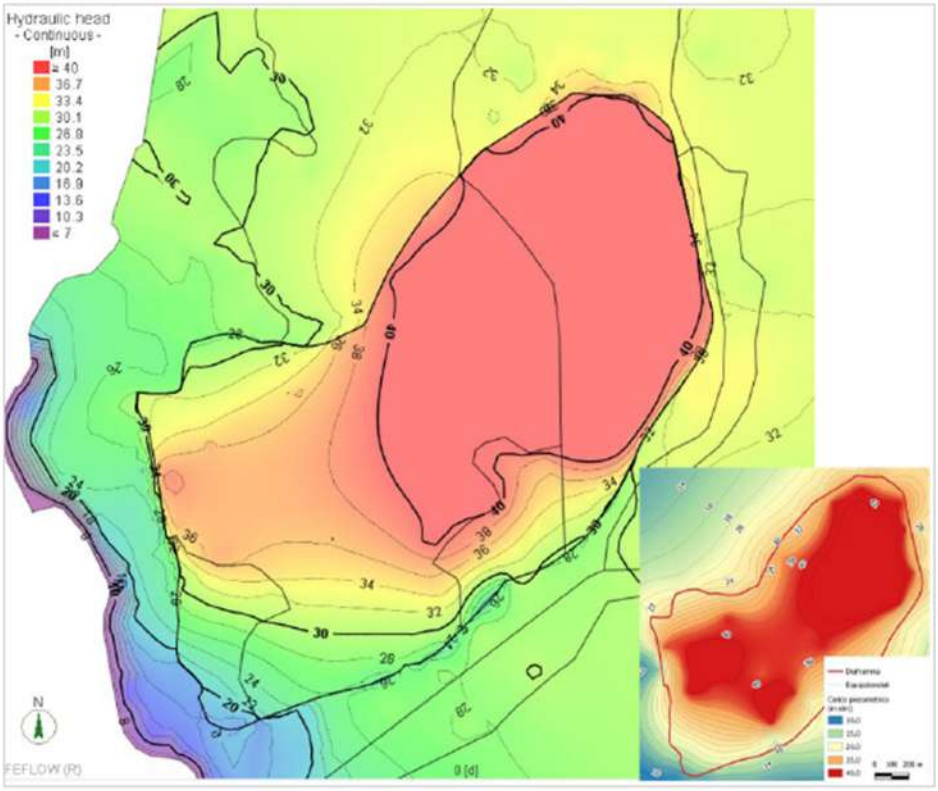


Fig. 5.9: Equipotenziali costruite con il modello numerico. E’ riportato anche il modello ottenuto dai valori di riferimento (Fig. 8-9 della Relazione Technital).

"*Ai fini della modellazione numerica del flusso*" (pag. 64 della Relazione Technital) si considerano i carichi piezometrici rilevati nei piezometri V/Z (interni/esterni al diaframma) e quelli dei piezometri esterni, mentre per i piezometri interni si è assunta per tutti una quota di 40 m s.l.m.. La modellazione così condotta porta ad una ricostruzione della superficie piezometrica (Fig. 7-4 della Relazione Technital)) molto differente da quella del Collegio Peritale in fase di Incidente Probatorio in precedenza accettata (Fig. 5-16 della Relazione Technital), dove le quote piezometriche risultano anche di 10 m inferiori. Infine, non sono indicati i punti di misura che hanno consentito la costruzione delle equipotenziali sino ad un paio di km di distanza. In ogni caso, le equipotenziali non indicano all'esterno del diaframma direzioni di flusso concordanti con quella generale della falda freatica naturale (NE-SW), indicando la sostanziale approssimazione del risultato.

La valutazione dei volumi di percolato è assolutamente inattendibile risultando errati i valori dei parametri presi in considerazione per il suo calcolo. In primo luogo non è chiaro se nel calcolo dei volumi totali ($30.7x10^6$ m^3) siano stati considerati i volumi degli argini di separazione tra i differenti lotti ed i successivi strati di copertura. Il dato più rilevante è, comunque, costituito dai valori di porosità utilizzati, valori troppo elevati che non tengono conto dello stato tensionale esistente e dei conseguenti processi di compattazione. In conseguenza di questi errori il valore del volume di percolato presente risulta assolutamente irrealistico come evidenziato anche da altre relazioni (e.g., Relazione ISPRA, 2021).

Non è evidente il motivo per cui il modello geologico di riferimento (§ 7.6 della Relazione Technital) viene descritto dopo quello idrogeologico e dopo la valutazione dei volumi di rifiuti e di percolato. Le tre sezioni (Figure 8-4, 8-5 e 8-6 della Relazione Technital) sono riportate in scala deformata ma, non essendo indicato il rapporto di scala, risultano di fatto sostanzialmente non significative. Il contatto tra rifiuti e la Formazione di Ponte Galeria risulta in gran parte ondulato, una condizione non corrispondente ad un piano di posa di un lotto di discarica. Il contatto, inoltre, è a quote maggiori verso W, mentre i piani di posa dei vari lotti sono indicati in progetto a quote maggiori verso come sembrerebbe risultare anche dalle indagini geofisiche.

Il modello numerico di flusso (§ 8 della Relazione Technital) è inaccettabile per:

1) l'assunzione di una quota di saturazione dei rifiuti posta uniformemente a 40 m s.l.m., senza tener presente il suo abbassamento verso i bordi della discarica e, soprattutto, necessariamente verso SO;

2) non aver considerato la presenza degli argini interni e dei livelli di copertura giornaliera, come risulta dall'osservazione di direzioni di flusso verticali all'interno del corpo di rifiuti (Fig. 8.14 della Relazione Technital);

3) l'assunzione di un valore del coefficiente di permeabilità della copertura finale assolutamente irrealistico. Il valore considerato ($k = 1e^{-6}$ m/s in Tabella 8.2 della Relazione Technital), tipico di sabbie fini o limose, deriva dall'aver considerato possibili i valori massimi ottenuti ($k = 5e^{-4}$ m/s) propri di sabbie grossolane o di sabbie e ghiaie, materiale che è utilizzato per il solo strato drenante interno alla struttura della copertura (capping). Quest'ultima assunzione riduce notevolmente ed impropriamente l'effetto di barriera idraulica della copertura finale. Tra l'altro, il coefficiente di permeabilità delle coperture delle discariche di rifiuti solidi urbani deve essere inferiore a $k = 1e^{-8}$ m/s (M. Favaretti, AGI, 2020).

In conclusione la Relazione Technital amplia senza motivo l'incarico ricevuto (Titolo della Relazione: Copertura superficiale finale della discarica di Malagrotta (Roma)). I risultati, riportati

sovente in modo confuso e talvolta approssimato, sono affetti da valutazioni inaccettabili o da veri e propri errori.

5.4 - Rapporto ottobre 2022 di TerreLogiche

La Società in Amministrazione Giudiziaria E. Giovi S.r.l., gestore della discarica di Malagrotta, ha incaricato TerreLogiche S.r.l. di effettuare una revisione dei dati raccolti dalla rete di monitoraggio realizzata. In sostanza, secondo quanto dettato dal Piano di Caratterizzazione in vigore (PdC) si sarebbe dovuto determinare il plume di contaminazione come da Determinazione Dirigenziale del 13/03/2017, ma il Rapporto non ne fa cenno.

L'inquadramento generale dell'area, basato sulla relazione del geologo A. Fabrizi del 2007 (cfr. §5.1 della presente Relazione), non è corredato da alcuna sezione geologica o idrogeologica. Gli aspetti idrogeologici dell'area si basano solo sulla stessa relazione sottolineando la variazione della direzione di flusso della falda, conseguente alla realizzazione del polder, e l'indipendenza della circolazione idrica esterna al polder da quella interna, dove le isopieze oscillano tra 30 m e 15 m s.l.m..

I numerosi dati di superamento delle CSC (Concentrazioni Soglia di Contaminazione) e dei valori di fondo (corrispondenti a quelli naturalmente esistenti nell'area) sarebbero stati indicativi dei rapporti tra falda esterna e discarica solo se fossero stati considerati in relazione alla posizione dei punti di misura rispetto alla discarica, come fatto per le acque superficiali, e non secondo una semplice elencazione alfa-numerica.

I livelli piezometrici delle 9 coppie piezometri interni/esterni adiacenti al diaframma sono analizzati per il periodo aprile-maggio 2020 – novembre-dicembre 2021, ma il Rapporto TerreLogiche ne illustra i risultati senza darne alcuna interpretazione. I dislivelli piezometrici, compresi per lo più tra 1 e 4 m circa in favore dell'interno discarica, sono pressoché costanti ad eccezione di alcune misure molto probabilmente affette da errore, come indica la coppia V07/Z07 (Fig. 14 del Rapporto TerreLogiche). La successiva Fig. 15 è nell'insieme poco significativa mescolando piezometri interni ed esterni e considerando le soggiacenze (profondità dal bocca-foro) e non le quote s.l.m.. Inoltre, non viene discussa la constatazione che i livelli idrici, praticamente costanti nel periodo considerato, sembrano non avere evidenti relazioni con le precipitazioni.

L'evoluzione temporale dei livelli di tutti i piezometri, ancora una volta trattata secondo le rispettive serie e non secondo la loro posizione, non fornisce indicazioni utili sui rapporti tra discarica e falda esterna. L'uso nei rispettivi diagrammi (figure non numerate alle pagine 29, 30 e 31 del Rapporto TerreLogiche) di scale grafiche differenti, impedisce una facile interpretazione delle variazioni del livello. In ogni caso, i livelli piezometrici si mantengono relativamente costanti o con piccole oscillazioni ad eccezione di alcuni casi da imputare quasi certamente a misure non corrette, come ad esempio indicano le forti oscillazioni di livello del PL03, situato a monte della discarica, ma non degli adiacenti PL02 e PL04. Gli andamenti temporali presentano modeste oscillazioni comprese tra 0.5 m ed 1.5 m, con l'eccezione di 4 piezometri con andamenti piuttosto irregolari ed oscillazioni tra 4 e 5 m in media, ma con punte sino a 8-9 m (PL03, PL38). I dati trattati considerando la posizione dei piezometri rispetto alla discarica avrebbero potuto essere più significativi.

I livelli piezometrici misurati nell'intervallo circa 11/2020 – 12/2021 sono stati considerati da TerreLogiche in relazione alle profondità dei pozzi raggruppate in 5 intervalli. Sarebbe stato più

interessante conoscere le caratteristiche di ogni piezometro e, in particolare, l'intervallo di profondità della misura nei confronti della stratigrafia. Dalla Relazione del Dott. Fabrizi i piezometri delle coppie V/Z, sostanzialmente del tipo a tubo aperto, risultano infatti infissi nelle argille di base per 2 m e per lo più con tubazione fenestrata per tutta la lunghezza a partire dalla sigillatura superiore. In tali condizioni i rapporti tra livelli piezometrici e profondità dei pozzi non sono significativi, non consentendo di distinguere l'eventuale presenza di differenti livelli acquiferi.

Le carte piezometriche considerano i livelli di tutti gli 84 piezometri, ottenuti nelle campagne 11° (set.-ott. 2021) e 12° (nov. - dic. 2021), ritenute rispettivamente rappresentative di un periodo di magra e di morbida, escludendo i punti di controllo interni al polder. Si deve osservare innanzitutto che le due superfici piezometriche (Figure 23 e 24 del Rapporto TerreLogiche) sono state ottenute, come sottolineato anche dallo stesso Rapporto (pag. 36), utilizzando una distribuzione spaziale dei dati non idonea, essendo limitata al solo immediato contorno della discarica. Le mappe piezometriche, in definitiva, non risultano utili alla comprensione dell'idrodinamica del sistema acquifero al fine di individuare i rapporti tra la falda contenuta nella discarica e quella esterna. Nell'insieme si nutrono molte perplessità e, in particolare, nelle seguenti aree (Fig. 5.10 della presente Relazione).

Nel settore orientale, all'incirca tra PL07 e PL12, la falda naturale fluisce dal diaframma verso l'esterno (ca. WSW-ENE), ed il dislivello misurato (Fig. 13 del Rapporto TerreLogiche) indicherebbe un flusso interno verso il diaframma e si dovrebbe, pertanto, ipotizzare una condizione di flusso generale dall'interno verso l'esterno. A tale proposito, si sottolinea che la quantità di flusso in uscita dovrebbe essere tale da deviare la direzione del flusso della falda naturale che grosso modo da N-S è qui deviata a NNW-SSE per effetto della barriera idraulica costituita dal diaframma, un'ipotesi assolutamente inaccettabile.

Nel settore sud-orientale, all'incirca tra PL20 e PL24, la direzione del flusso della falda esterna è verso il diaframma (ca. SE-NW) in contrasto con il dislivello misurato che indicherebbe un flusso della falda interna verso il diaframma (Fig. 13 del Rapporto TerreLogiche). Si sottolinea, inoltre, che l'ipotetico flusso in ingresso nella discarica avverrebbe con gradienti molto maggiori rispetto a quelli del settore precedentemente considerato, ma questa constatazione non è discussa. Non è chiaro il motivo per cui non è stata considerata la coppia di piezometri V01bis/Z01 (Fig. 13 del Rapporto TerreLogiche), pur se presente nella mappa di Fig. 23 dello stesso Rapporto.

La deviazione del flusso della falda, operata dalla realizzazione del diaframma, è ben visibile nell'area apicale immediatamente a N della discarica. Qui il flusso, inizialmente diretto circa verso SW (Fig. 10 del Rapporto TerreLogiche), si allinea parallelamente ai lati della discarica. Il flusso, apparentemente in uscita dal lato occidentale della discarica (tra PL26 e PL48), è molto probabilmente generato dalla riunione dei due flussi laterali alla discarica stessa.

Nell'insieme la ricostruzione della superficie piezometrica della falda esterna non dà alcuna interpretazione idrodinamica ed è, quindi, del tutto inidonea alla valutazione delle relazioni eventualmente esistenti con la falda interna del processo di drenaggio e, soprattutto, all'individuazione di un plume di contaminazione.

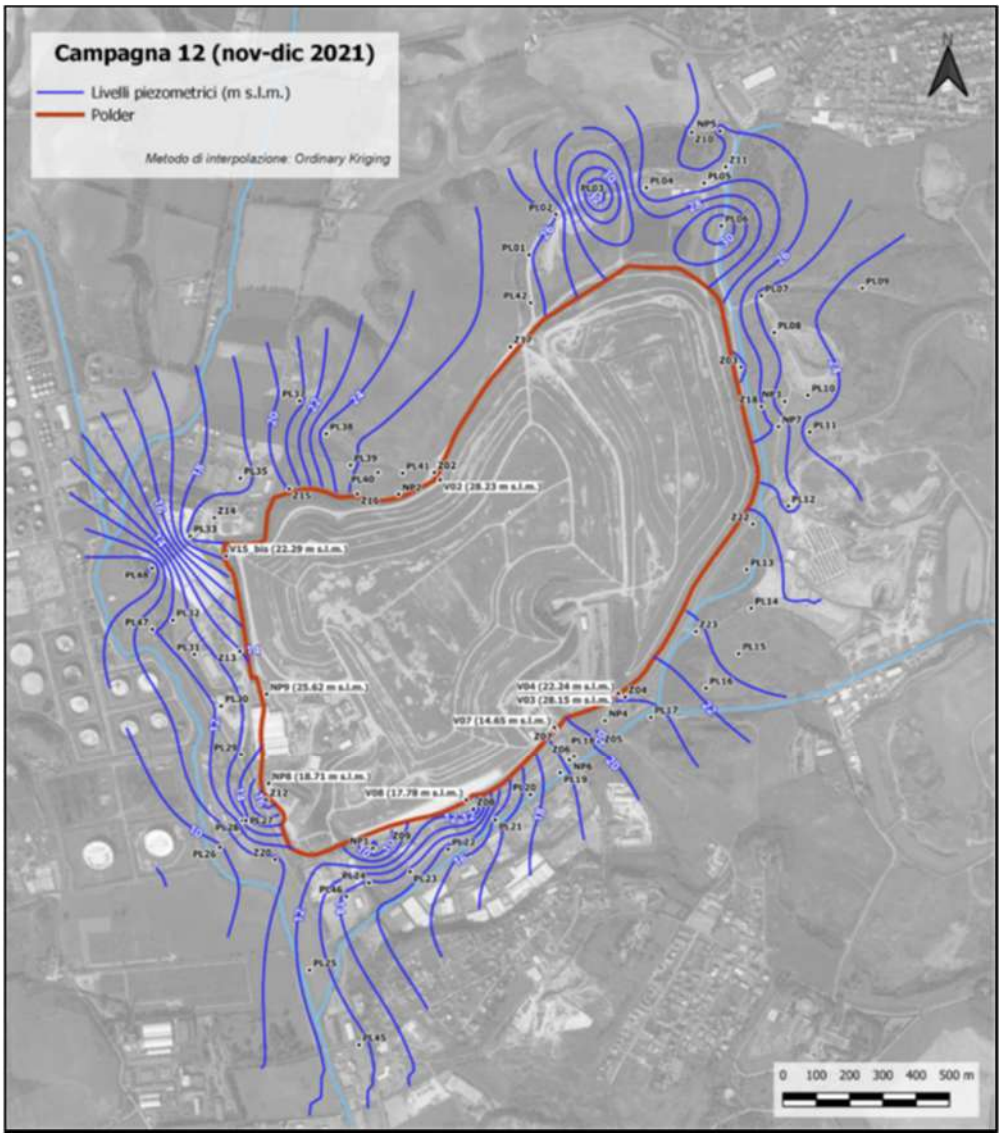


Fig. 5.10 – Piezometria dell'area della discarica. Da Fig. 24 del Rapporto TerreLogiche.

La variabilità chimica delle acque di falda e superficiali, nello spazio e nel tempo, è trattata in dettaglio ma non sempre in modo chiaro ed intelligibile. Ad esempio, l'ubicazione dei piezometri e dei punti di prelievo delle acque superficiali è riportata solo nei Rapporti intermedi rendendo difficile una chiara visione d'insieme. Non è evidente, inoltre, il motivo per cui la suddivisione in differenti settori dell'area sia diversa da quella adottata in precedenza (e.g., Fig. 12 del Rapporto TerreLogiche), una scelta che rende difficile avere un quadro d'insieme immediato.

Nel Rapporto TerreLogiche i parametri chimici e chimico-fisici raccolti sono riportati in relazione alle serie di piezometri e non, come sarebbe stato opportuno, in relazione alla loro posizione rispetto alla discarica. In generale i risultati delle analisi sono solo riportati e non criticamente analizzati, soprattutto al riguardo delle forti oscillazioni temporali (e.g., conducibilità in PL29) e delle differenze tra piezometri vicini (e.g., conducibilità di PL29 e PL30 nell'area ad W). In merito alle acque superficiali non comprensibile è l'assenza di considerazioni sui campioni prelevati sul Rio Galeria, che drena la falda e, quindi, dovrebbe maggiormente risentire dell'eventuale diffusione di contaminanti. Risultano di difficile lettura, se non incomprensibili, quasi tutti i diagrammi riportati.

In generale, le valutazioni, fatte esclusivamente su base geochimica senza considerare il flusso della falda, sono riportate in termini di possibilità più che di affermazioni certe. Ad esempio a pag. 114

del Rapporto TerreLogiche si scrive: "*I dati chimici hanno messo in evidenza le possibili relazioni tra acque interne al polder, con segni di contaminazione di vario grado da percolato, con le acque prelevate dai pozzi esterni al polder, indicando così la possibilità di contaminazione da parte del percolato delle acque sotterrane (e di scorrimento superficiale) che circolano in prossimità della discarica di Malagrotta*".

Le analisi isotopiche hanno riguardato la presenza di Deuterio (δ^2H), Ossigeno 18 ($\delta^{18}O$) e Tritio (^3H). La loro rilevanza nella determinazione di contaminazione da percolati è illustrata facendo riferimento, per lo più, all'articolo di B. Raco e R. Battaglini del 2022, non citato, di cui si riportano nella trattazione dei concetti teorici di riferimento anche alcune figure. I valori degli isotopi di ossigeno sono messi in relazione alla retta meteorica mondiale ed a quella dell'Italia centrale, come da letteratura. Tuttavia, trattandosi di trovare i rapporti tra discarica e ambiente circostante, sarebbe stato indispensabile far riferimento allo stato di contaminazione generalmente esistente nell'area, dovuto alla presenza delle numerose vecchie discariche e di cave abbandonate su tutto il lato orientale della discarica di Malagrotta (Fig. 6.1.b ella presente Relazione). Si sarebbe dovuto, cioè, far riferimento al "fondo naturale" proprio dell'area più che ad un dato teoricamente corretto ma non adatto ai fini delle valutazioni richieste. Il Rapporto conclude solo con *"…. la possibilità di contaminazione da parte del percolato delle acque sotterrane (e di scorrimento superficiale…*", lasciando intendere, impropriamente, che questa possibilità discenda dalla sola discarica di Malagrotta, senza valutare l'effetto delle numerose vecchie discariche.

Lo stesso ragionamento va fatto in merito al contenuto in trizio, sottolineando tuttavia che esso può essere attribuito, oltre che al percolato, anche ad altra causa naturale o antropica, che non viene però indagata. Il Rapporto TerreLogiche evidenzia anche la mancanza di correlazione tra contenuto in trizio e profondità del punto di controllo attribuendola "*alla diffusa contaminazione da percolato*" (pag. 129 del Rapporto TerreLogiche), senza però tener conto del tipo di piezometri messi in opera che possono mescolare le acque provenienti da profondità e da livelli differenti, possibilmente caratterizzate da differenti livelli di contaminazione. In definitiva, nella Rapporto TerreLogoiche si fa riferimento ai valori di fondo osservati alla stazione di Pisa, mentre si sarebbe dovuto determinare il valore di fondo locale con il quale confrontare i dati ottenuti. Lo stesso Rapporto TerreLogiche, anche se per motivi differenti, scrive (pag. 128): "…..*è opportuno sottolineare di nuovo la necessità di stabilire un valore di fondo per l'attività trizio nelle acque sotterranee, diversa dal limite di finora preso a riferimento, ossia il contenuto in trizio nelle acque meteoriche*."

Dall'osservazione della mappa della distribuzione del contenuto massimo (perché non anche il minimo?) in trizio (Fig. 5.11 della presente Relazione) si può dedurre in particolare:

- Acque contaminate in vario grado sono presenti ovunque intorno alla discarica;
- Acque contaminate sono presenti anche a centinaia di metri a monte della discarica;
- Acque non contaminate o debolmente contaminate sono presenti un po' ovunque, anche in adiacenza a piezometri con valori estremamente alti (e.g., Z05-NP4, Z07-NP6).

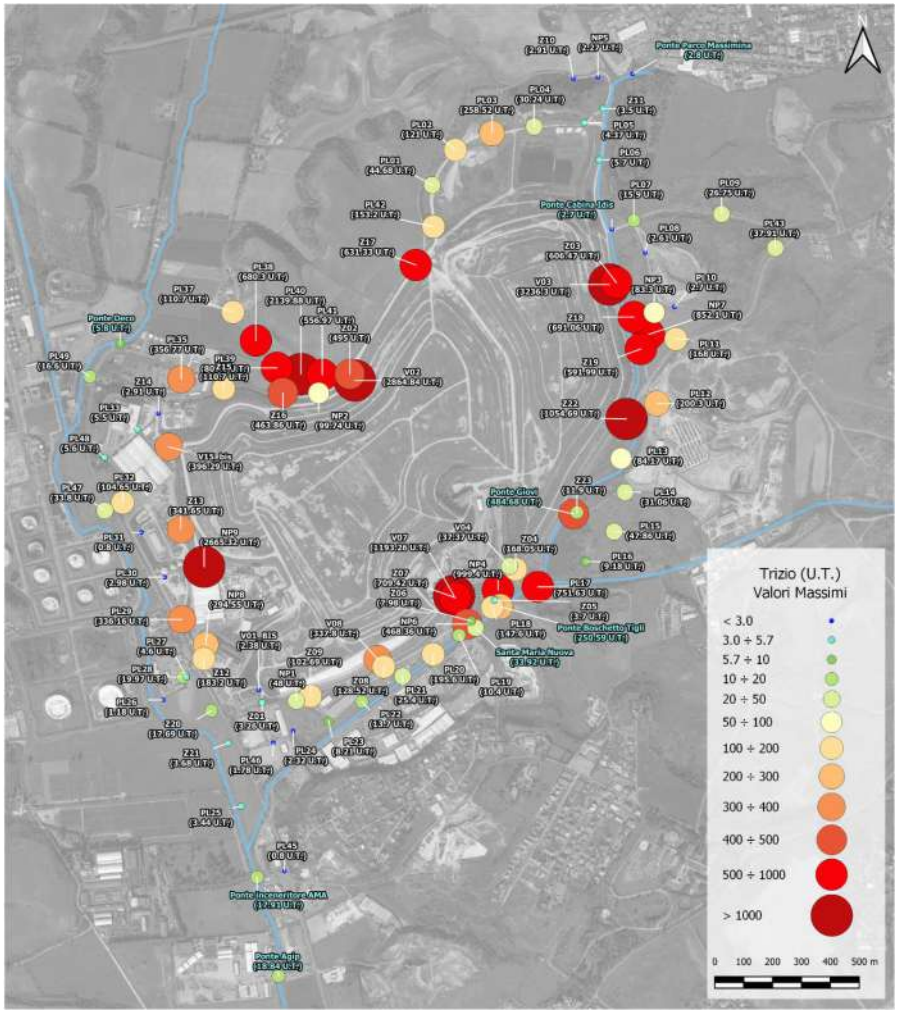


Fig. 5.11 - Mappa della distribuzione dei contenuti in trizio massimi rilevati. Da Fig. 85 del Rapporto TerreLogiche

Le acque superficiali presentano valori di trizio inferiori alla soglia considerata, con l'eccezione di quelli rilevati sul Rio Galeria a Ponte Agip e Ponte Inceneritore AIMA, dove i valori più alti sono giustificati dal percolato depurato in uscita dagli impianti di depurazione, non tenendo però conto della confluenza poco a monte del Fosso Fontignano fortemente contaminato. Sino a Ponte Deco, a monte della discarica, le acque del Rio Galeria risultano non contaminate, ma tuttavia si afferma che i valori di trizio rilevati starebbero ad indicare comunque una contaminazione da percolato in base al differenziale positivo riscontrato rispetto ai dati di Ponte Aurelia, (Fig. 5.11 della presente Relazione). In definitiva ed a parte ogni illazione, il Rio Galeria pur drenando la falda proveniente dalla discarica non risente di contaminazioni da percolato proveniente dalla discarica.

Il Rapporto TerreLogiche è certamente un rapporto pieno di dati statisticamente elaborati, ma senza la dovuta attenzione alla qualità dei dati e, soprattutto, all'importanza dell'assetto idrogeologico nei confronti degli eventuali processi di contaminazione. Le valutazioni fatte sullo stato di contaminazione dell'area presentano alcuni limiti interpretativi: non evidenziano, infatti, nessi di causalità tra acque interne ed esterne. In realtà, non è stato fatto alcun tentativo di determinare l'eventuale esistenza di un plume di contaminazione: i risultati ottenuti non hanno e forse non possono dare alcuna indicazione sull'eventuale presenza di un quadro di contaminazione in evoluzione dal passato ad oggi.

5.5 – Relazione dott. P. Simone (cfr. § 3D)

La Relazione riassume e confronta i risultati delle Relazioni di ISPRA (2021), nell'ambito dell'Incidente Probatorio, e di Technital (2022), fornendo dei valori attendibili, minimi e massimi, del volume di percolato esistente.

Interessanti sono le curve di risalita da prove di emungimento, riportate dalla relazione ISPRA, che indicano la presenza nel corpo di rifiuti di livelli a permeabilità differente.

5.6 – Nota di valutazione redatta da Prof. Ing. Giuseppe Sappa

La Nota redatta dal prof. Ing. Giuseppe Sappa per conto dell'avv. Cerroni fa particolare riferimento al "Rapporto Finale - Indagini di caratterizzazione ambientale - Ex Discarica di Malagrotta", redatto da TerreLogiche srl nell'Ottobre 2022.

Nella Nota il Prof. Sappa ritiene che una corretta valutazione dei risultati debba essere condotta distinguendo i dati delle analisi eseguite sui campioni prelevati dai pozzi interni, da quelli relativi ai pozzi esterni rispetto al polder di confinamento idraulico, un criterio che non è stato utilizzato da TerreLogiche.

Al fine di determinare le aree maggiormente interessate dai fenomeni di superamento delle CSC, i dati sono stati elaborati in modo da individuare l'eventuale presenza di un plume di contaminazione, suddividendo l'area in 8 quadranti e confrontando in ogni quadrante il numero dei superamenti rilevati con la densità di pozzi esterni nella medesima zona. Questa elaborazione dei dati fa dedurre che, pur se la distribuzione di pozzi è pressoché uniforme, non lo è la distribuzione dei superamenti, che risulta prevalente nei quadranti Est- Nord-Est e Nord Nord Est, cioè nell'area corrispondente al monte idrogeologico della discarica di Malagrotta. Non emerge, pertanto, chiaramente la presenza di una sorgente di contaminazione.

La Nota del Prof. Sappa conclude sottolineando che:

- circolazione idrica sotterranea interna ed esterna al polder di confinamento idraulico della Discarica sono separate;
- le analisi condotte sui piezometri esterni al polder non hanno consentito di individuare alcun plume di contaminazione che indichi la propagazione dello stato di contaminazione delle acque verso l'esterno;
- le analisi isotopiche non evidenziano nessi di causa ed effetto fra connotato isotopico delle acque sotterranee interne e di quelle esterne;
- le acque sotterranee dell'area sono sicuramente interessate dalla presenza di contaminanti, causata molto probabilmente dalla sovrapposizione nel tempo e nello spazio di attività ad elevato impatto ambientale.

6. Considerazioni conclusive

La discarica di Malagrotta è stata oggetto di numerosi studi ed indagini, anche giudiziarie, con lo scopo principale di valutare l'eventuale la sua influenza, in termini di inquinamento, sull'ambiente circostante. L'approfondimento di questa enorme base-dati consente, da un lato, di evidenziare lo stato di contaminazione dell'area vasta di Malagrotta e, dall'altro, di individuare la moltitudine delle sorgenti inquinanti storicamente presenti nell'area esterna alla discarica autorizzata di Malagrotta.

Tre sono gli aspetti che è necessario analizzare per dare una ragionevole risposta allo stato attuale delle conoscenze: (1) il quadro geologico di un'area sufficientemente estesa attorno alla discarica; (2) il quadro idrogeologico della stessa area; (3) l'evoluzione temporale dello stato di contaminazione.

Il quadro geologico dell'area è sufficientemente noto ed è illustrato dalle relazioni tecniche ed anche da articoli scientifici pubblicati a partire dagli anni '90. L'assetto geologico generale dell'area, anche limitato ai soli aspetti litologici, non è sufficientemente considerato (vedi, ad esempio, Relazione Technital) o è solo riportato ad una scala non adeguata (scala 1:100.000, Fig. 2 della Relazione TerreLogiche). L'assetto geologico ed idrogeologico generale era, tuttavia, già noto sin dal 1990 (Galeotti et al., 1990). La carta inserita in questa pubblicazione riporta chiaramente la situazione incontaminata del 1959 (Fig. 6.1 a) e quella del 1988 (Fig. 6.1 b), dove sono indicate le numerose cave e discariche e l'estesa copertura di materiali di riporto derivanti dall'intensa attività di cava, tutti aspetti che incidono profondamente sullo stato di inquinamento dell'area come indicato nella stessa carta.

Nelle diverse Relazioni tecniche, discusse nella presente Relazione, si descrive sia l'assetto geologico in termini di formazioni che, in dettaglio, la sequenza litologica dei terreni trasgressivi (Formazione di Ponte Galeria) sulla formazione delle argille di base (Argille di Monte delle Piche), senza tuttavia indicare la loro distribuzione e la continuità dei livelli a differente granulometria, un dato rilevante dal punto di vista idrogeologico.

L'aspetto più rilevante delle Relazioni redatte per la discarica di Malagrotta è la completa assenza di un adeguato modello geologico, base di qualsiasi altra considerazione idrogeologica o, in generale, tecnica. Non è stato, infatti, né costruito un modello geologico tridimensionale né sono state tracciate adeguate sezioni geologiche, longitudinali e trasversali all'area della discarica, se si fa eccezione delle sezioni della Relazione Technital che risultano, tuttavia, molto discutibili (cfr. 5.3). Allo stato attuale si ha effettivamente a disposzione: la carta geo-litologica di Galeotti et al. (Fig. 6.1 a e b); la carta del tetto delle argille di base (Fig. 6.2); una dettagliata descrizione della sequenza soprastante le argille di base, che costituisce il principale acquifero dell'area.

In conclusione il quadro geologico dell'area di Malagrotta, quale deriva dall'analisi delle relazioni esistenti, appare nell'insieme incompleto, nonostante la disponibilità delle stratigrafie dei numerosi sondaggi a vario titolo effettuati negli anni.

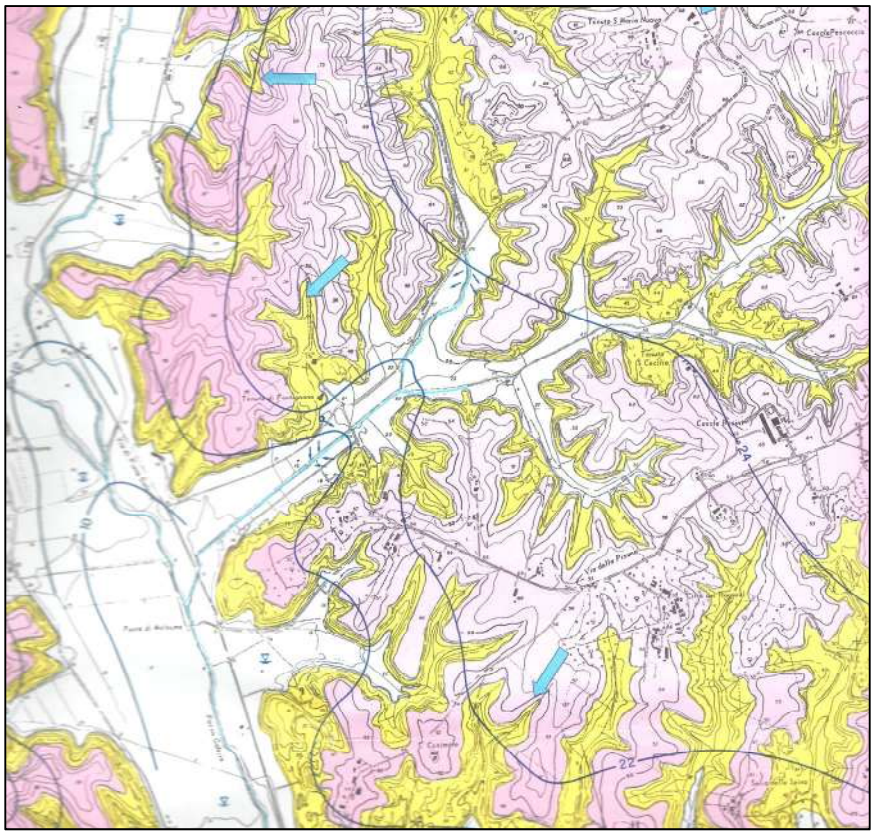


Fig. 6.1 a – Estratto della Carta litologica ed idrogeologica, situazione al 1959 (Galeotti et al., 1990). Elementi significativi della legenda originaria: flusso di acque non contaminate (frecce in azzurro); isopieze in m s.l.m.(linee continue in nero). Scala ca. 1:28.000.

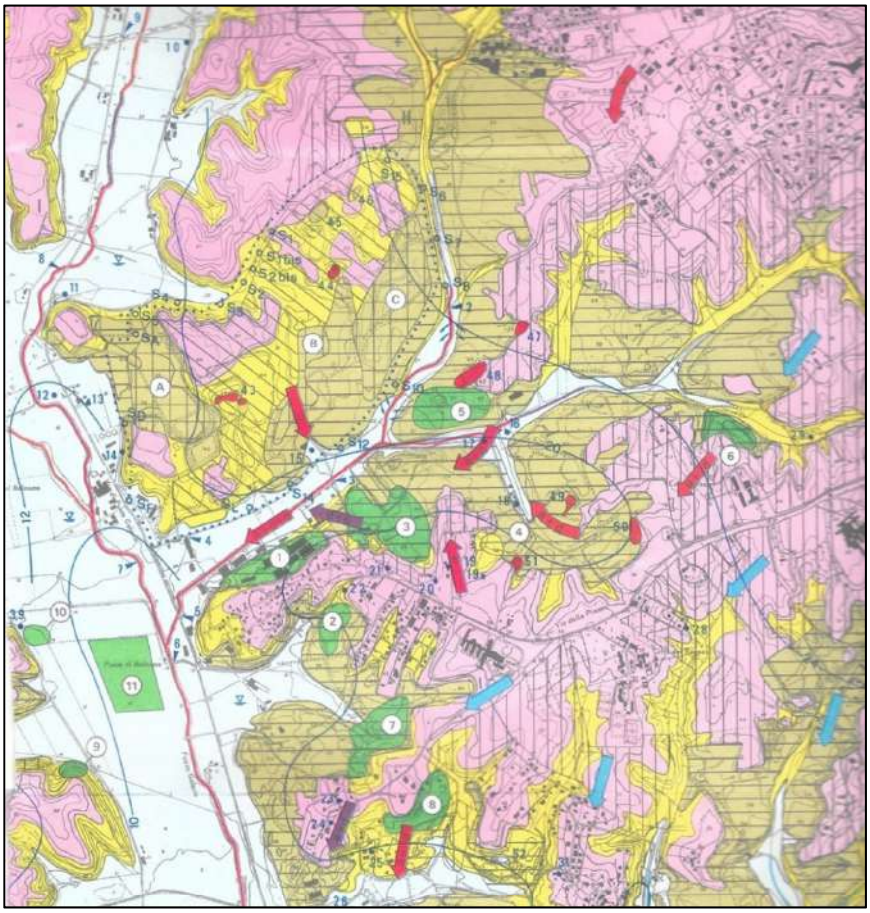


Fig. 6.1 b – Estratto della Carta litologica ed idrogeologica, situazione al 1988 (Galeotti et al., 1990). Elementi significativi della legenda originaria: flusso di acque non contaminate (frecce in azzurro) e contaminate (frecce in rosso); isopieze in m s.l.m. (linee continue in nero); cave esaurite in verde chiaro e tratteggio orizzontale; in verde vecchie discariche numerate Scala circa. 1:28.000

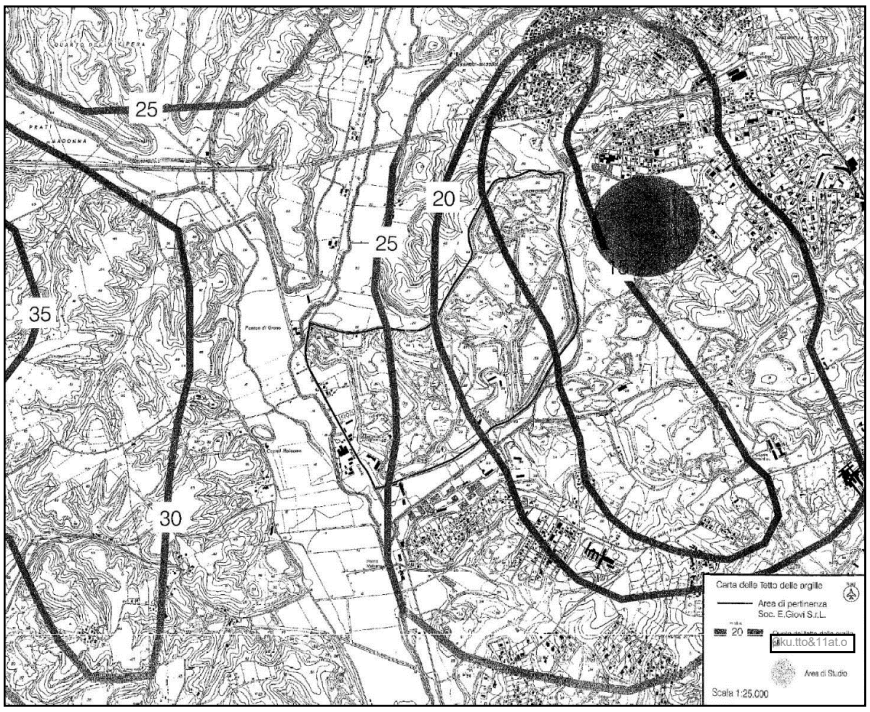
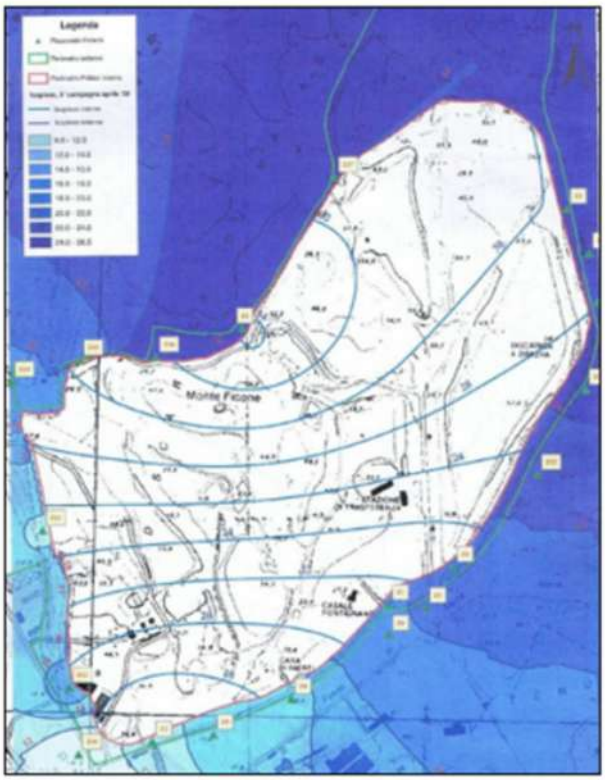


Fig. 6.2 – Carta del tetto delle argille, scala ca. 1:25.000 (Fabrizi, 2010), ripresa da Rapporto TerreLogiche.

Il quadro idrogeologico dell'area deve essere valutato tenendo separate la falda interna al diaframma da quella ad esso esterna: le due circolazioni idriche sono indipendenti, come sottolineato nelle Relazioni analizzate. Nelle valutazioni dovrebbe, quindi, essere tenuta presente la presenza del diaframma plastico una struttura che, ammorsata nelle argille di base, isola l'area interna al polder da quella esterna, una condizione che non è stata mai adeguatamente considerata.

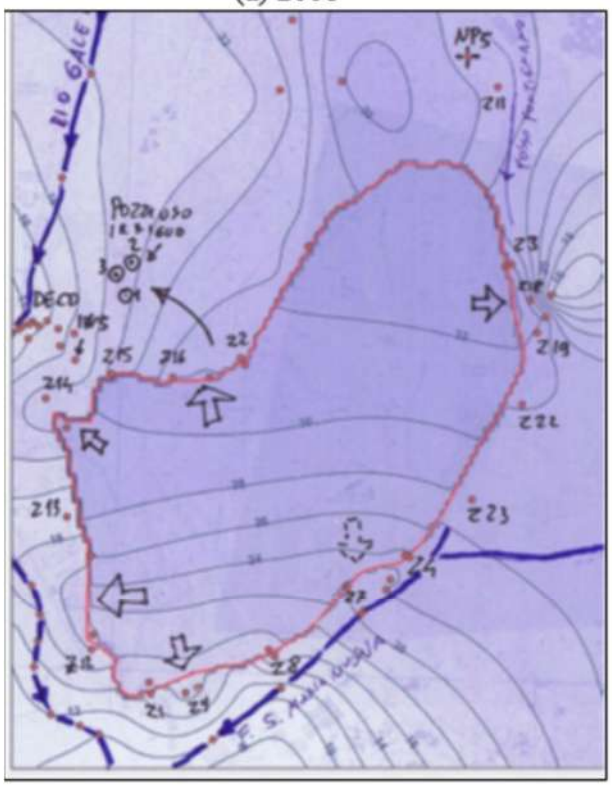
Al riguardo della falda interna al diaframma le molte ricostruzioni, fatte negli anni da differenti soggetti, risultano anche molto differenti tra di loro (Fig. 6.3, ripresa da Relazione Technital), sia in merito al valore delle quote che delle direzioni di flusso. Ad esempio, nella mappa del 2008 (indicata come mappa Giovi nella Fig. 5-15 della Relazione Tehnital) la direzione di flusso, nell'insieme verso S, in corrispondenza del lato occidentale della discarica è invece diretta verso l'interno della discarica, in netto contrasto con quanto risulta da tutte le altre ricostruzioni e senza, soprattutto, l'indicazione dell'area di alimentazione.

Analogamente nella parte meridionale della discarica, dove le mappe sino al 2013 indicano una direzione di flusso prevalentemente verso S o SSE, la mappa redatta dalla Perizia ISPRA (2020) indica sul lato nord-occidentale una prevalente direzione verso NO e su quello sud-orientale verso SSE.

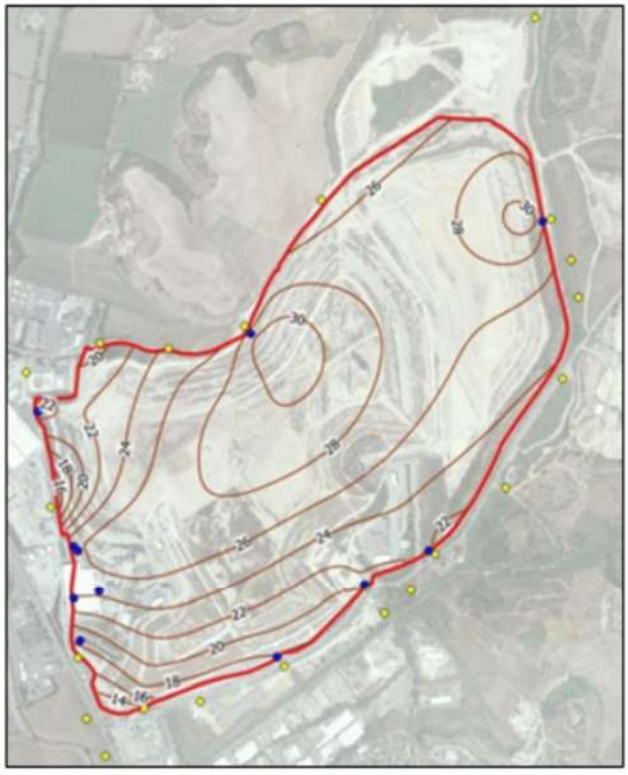


(a) 2008

(c) 2013



(b) 2011



(d) 2020

Fig. 6.3 – Isofreatiche dell'area interna al diaframma successivamente ricostruite da differenti specialisti. (a) Giovi; (b) 6Bonfà; (c) POLITO; (d) ISPRA. Da Relazione Technital (2022).

Le differenze riscontrate sono molto probabilmente dovute a dati di partenza differenti oltre che a differenti metodi di analisi come stanno ad indicare, ad esempio, le carte realizzate da Technital (2022): la prima realizzata in base ai dati sperimentali (Fig. 6.4, a sinistra), la seconda come risultato della modellazione numerica (Fig. 6.4, a destra). Nelle due figure non solo le quote della falda interna sono oltre i 10-12 m superiori a quelle di tutte le altre ricostruzioni, ma mostrano situazioni molto differenti tra loro. In particolare, dal modello numerico ai bordi della discarica risultano gradienti idraulici troppo elevati in relazione agli alti coefficienti di permeabilità attribuiti ai rifiuti ($k = 2e^{-5}$ m/s) ed alla copertura ($k = 1e^{-6}$ m/s), tenendo conto anche della direzione di flusso prevalente.

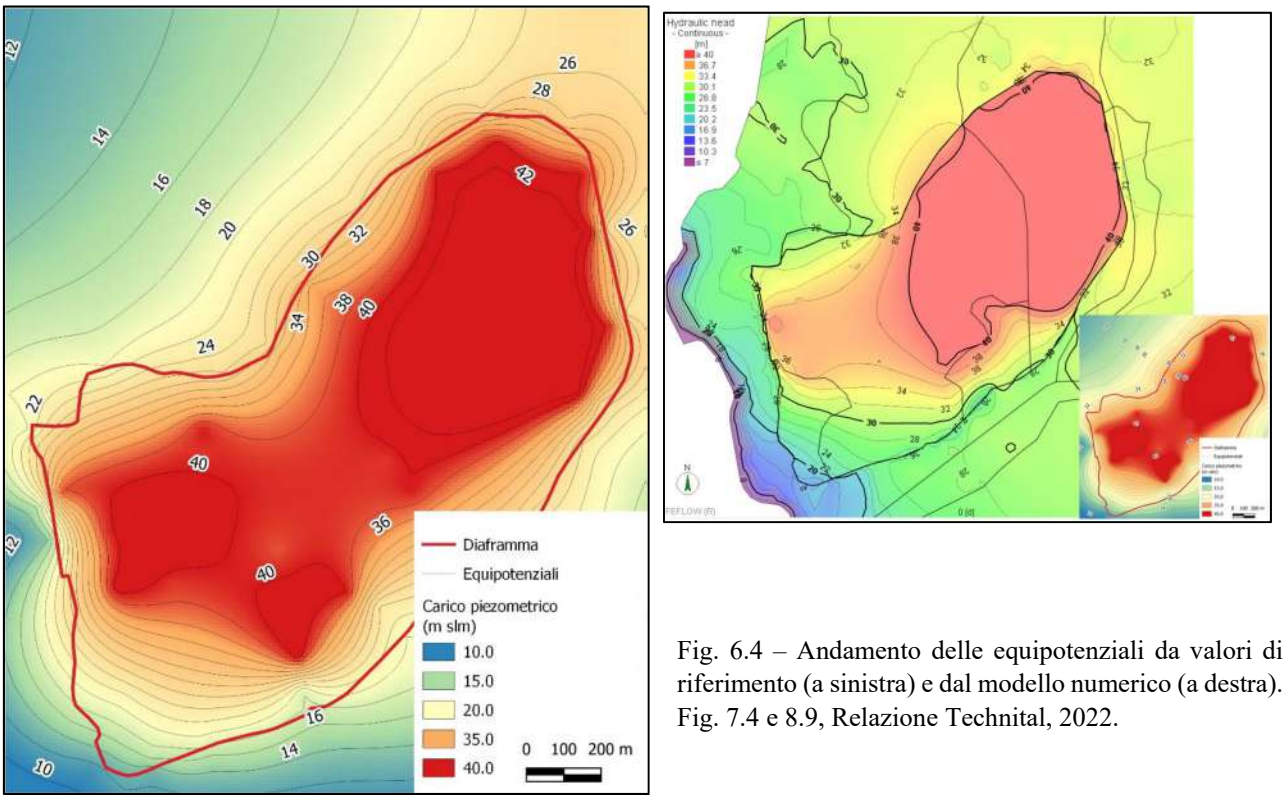


Fig. 6.4 – Andamento delle equipotenziali da valori di riferimento (a sinistra) e dal modello numerico (a destra). Fig. 7.4 e 8.9, Relazione Technital, 2022.

Rilevanti perplessità si hanno anche al riguardo delle mappe piezometriche ricostruite per la falda esterna al diaframma, in particolare le due realizzate da Technital che indicano un assetto idrogeologico del tutto improponibile: sui lati nord-occidentale e sud-orientale della discarica sono indicati flussi in entrata ed in uscita dall'area della discarica come se si fosse in presenza di un'unica falda e non di una interna al polder ed una esterna ben separate (Fig. 6.4 della presente Relazione). Questa differente situazione, del tutto improponibile, potrebbe derivare dall'aver considerato i livelli piezometrici rilevati senza alcuna valutazione critica dei dati misurati e senza alcuna contestualizzazione rispetto a quelli dei piezometri prossimi.

Sulla base dei dati ottenuti dalle coppie di piezometri V/Z Technital ha affermato che la differenza di carico piezometrico tra interno ed esterno comporta *"...un flusso in uscita della falda "interna" per infiltrazione attraverso il diaframma o sormonto dello stesso..."*. L'ipotesi di filtrazione attraverso il diaframma è solo teoricamente vera, visto che esso è costituito da materiali dotati di permeabilità estremamente bassa, da considerare in realtà assolutamente impermeabili.

In definitiva, a parte tutte le perplessità sopra riportate, risulta stabilito da tutti che le quote piezometriche interne al polder sono costantemente superiori a quelle esterne, indicando così

l'efficacia della barriera idraulica rappresentata dal diaframma, come, d'altronde, indicano i risultati degli stress idraulici effettuati (Braga e Prestininzi, 2021; Nota Prof. Ing. Sappa, 2024).

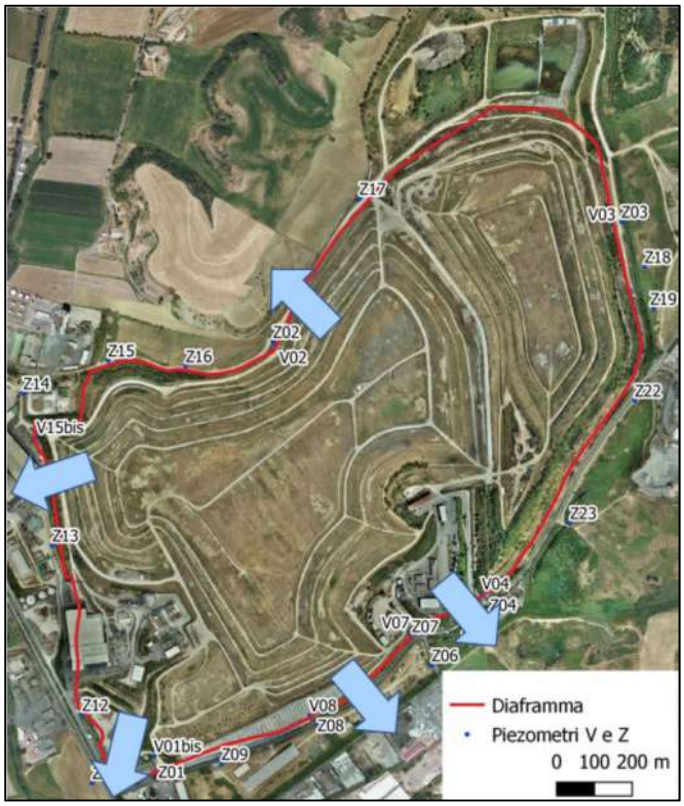


Fig. 6.5 - Zone di sormonto del diaframma valutate da Technital (Fig. 5-7 della Relazione Technital).

L'ipotesi Technital di un sormonto del diaframma da parte del percolato (Fig. 6.5 della presente Relazione) è improponibile, non tenendo conto dell'effetto barriera esercitato dalla copertura finale (capping). In realtà, i livelli piezometrici della falda interna, risultano quasi sempre alla quota o al di sotto della testa del diaframma: solo in due zone i massimi livelli storici della falda interna si trovano a quote superiori a quelle della testa del diaframma (Fig. 5.2 della presente Relazione). Considerando che la prevalenza della falda interna è in questi casi da qualche decimetro ad un massimo di 7-8 m (piezometro V2), valore d'altronde messo in dubbio nella stessa Perizia ISPRA, e che le distanze dal diaframma sono tra il metro ed i 30 m, si hanno mediamente gradienti idraulici molto bassi (dell'ordine di 0.03-0.05) che aumentano di decine o centinaia di volte i tempi di filtrazione. . A questo riguardo si deve osservare che la modellazione numerica del flusso (§ 8 della Relazione Technital) si basa su valori del coefficiente di permeabilità della copertura finale irrealisticamente alti e tali da non consentire l'effetto barriera idraulica che, invece, effettivamente rappresenta. L'aver utilizzato valori elevati del coefficiente di permeabilità della copertura comporta, inoltre, tempi di attraversamento della copertura centinaia di volte più piccoli di quelli reali.

Il sormonto del diaframma, nelle zone indicate in Fig. 6.5, non è confermato dagli stessi risultati della modellazione numerica come si può osservare, ad esempio, dalla Fig. 8.14: qui il livello piezometrico è tracciato a quote inferiori alla testa del diaframma in contrasto con quanto indicato in Fig. 6.5.

Al riguardo della falda esterna al diaframma, si sottolinea preliminarmente che nelle Relazioni tecniche si fa riferimento ai dati ottenuti su una ristretta fascia di piezometri adiacente al diaframma. Non si è tenuto, inoltre, conto del fatto che alcuni dati piezometrici utilizzati sono sostanzialmente inaffidabili e non dovrebbero essere considerati (cfr. § 5.4). In tali condizioni la ricostruzione delle carte piezometriche non può rappresentare adeguatamente la falda esistente e non può, quindi, essere

utilizzata per l'individuazione di un plume di contaminazione. Inoltre, si sarebbe dovuto considerare che si tratta di un acquifero multistrato, la cui permeabilità d'insieme è una funzione del valore del coefficiente di permeabilità dei singoli livelli e del loro spessore e di conseguenza caratterizzato da velocità di filtrazione differenti.

Le perplessità che destano le carte piezometriche ricostruite da TerreLogiche riguardano sostanzialmente i contrasti nelle direzioni di flusso della falda esterna in rapporto a quelle individuate dalla stessa TerreLogiche in quella interna: in ampi settori le direzioni di flusso risultano, infatti, opposte e tale condizione non è giustificata, ma non è neppure giustificabile. Tenendo conto di ciò, si può concludere che le carte piezometriche ricostruite, oltre ad essere molto limitate arealmente, sono una semplice rappresentazione geometrica della superficie della falda senza alcun significato idrodinamico. Per questo scopo si sarebbe dovuto valutare come la piezometria preesistente, ricavata dall'articolo di Galeotti e Pestininzi (2013) o da POLITO (2013), sarebbe stata modificata dalla realizzazione del diaframma nel 1986/87. Solo in tal modo si si poteva ricostruire il plume di contaminazione con sufficiente approssimazione.

Gli aspetti idro-geochimici, ionici ed isotopici, dell'area sono trattati molto estesamente nel Rapporto di TerreLogiche (2022). Non si farà qui riferimento alla parte di idrogeochimica ionica se non per queste due considerazioni: i) nell'ambito dello scopo del Rapporto appare non del tutto coerente considerare "*i valori di fondo naturali (così come approvati dalla Determinazione G12103 del 08/10/2015 della Regione Lazio*" (§ 3.2 del Rapporto); sarebbe stato più corretto valutare il valore di fondo dell'area notoriamente interessata dalla presenza di numerose vecchie discariche. ii) il numero di dati riportati solo in tabelle non ne rende facile l'interpretazione e la valutazione.

Al riguardo dell'idrogeochimica isotopica, i principali aspetti discutibili sono qui di seguito esposti schematicamente.

Come già detto in precedenza, e come sottolineato da B. Raco e R. Battaglini nel loro articolo, una corretta definizione del fondo naturale locale è obbligatoria, tenendo presente che un confronto diretto con l'attività di trizio dell'acqua piovana potrebbe essere fuorviante. Era, quindi, assolutamente necessario che si determinasse il fondo naturale di un'area sufficientemente ampia da considerare la presenza delle vecchie discariche e non fare semplicemente riferimento alla retta meteorologica mondiale o a quella di Pisa. D'altronde, acque contaminate sono ritrovate anche a più di 500 m di distanza dalla discarica in una direzione grosso modo perpendicolare a quella di flusso della falda (piezometri PL37 e PL43, Fig. 6.6).

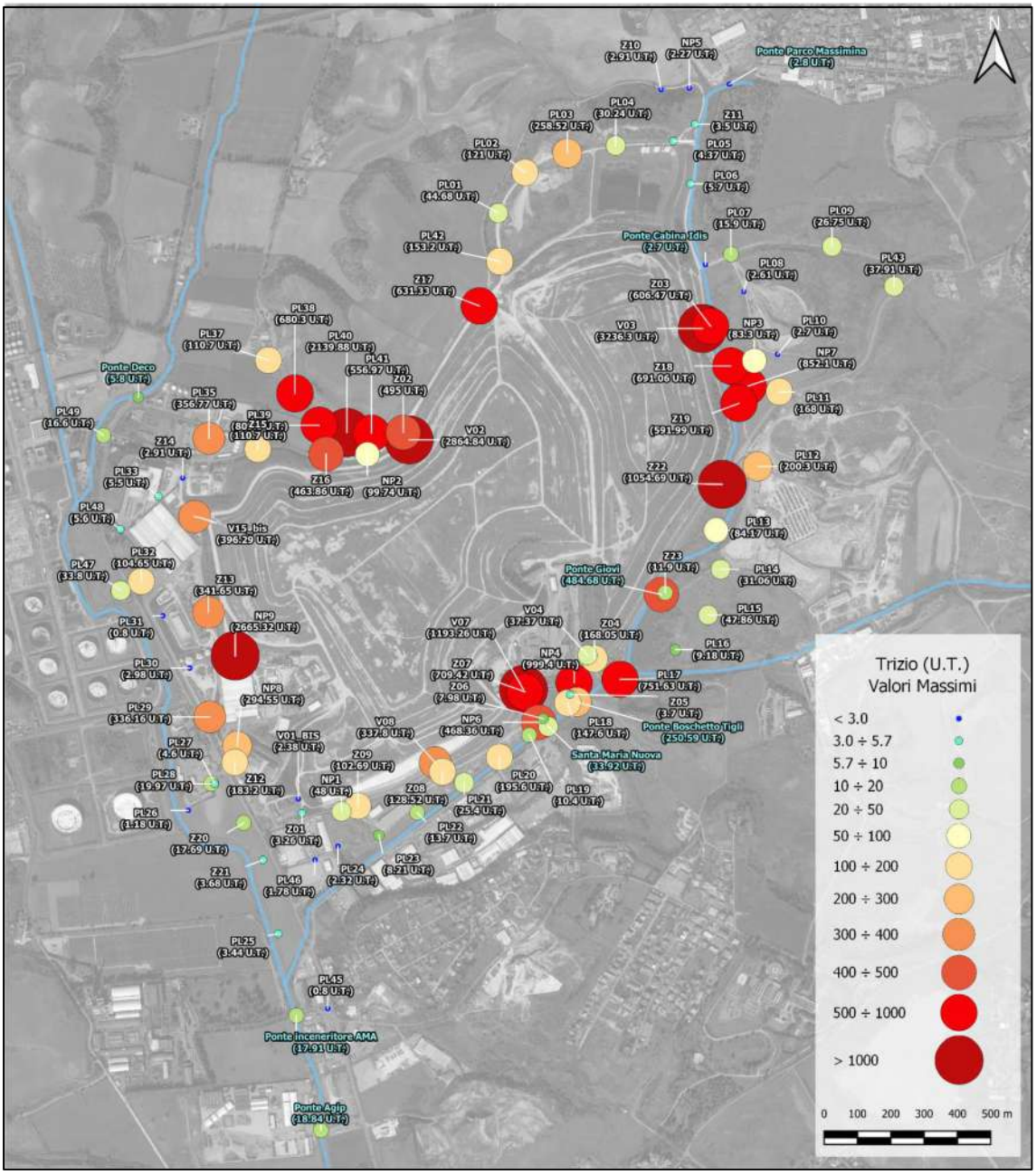


Fig. 6.6 - Mappa della distribuzione dei contenuti in trizio massimi, ripetuta per comodità di consultazione. Da Fig. 85 di TerreLogiche.

Particolarmente significativo è il dato dei piezometri PL02, PL03 ePL04 che risultano anche fortemente contaminati pur trovandosi a monte della discarica a più di 250 m di distanza. Queste considerazioni indicano che i dati ottenuti indicano lo stato di inquinamento dei luoghi ma non sono assolutamente rappresentativi dell'eventuale correlazione tra la presenza della discarica di Malagrotta e la contaminazione della falda naturale. Guardando poi alla distribuzione dei valori del contenuto in trizio (Fig. 6.6 della presente Rlazione), si nota subito che sono stati considerati anche i valori ottenuti da tutti i piezometri posti all'interno della discarica (serie V e NP, come da Fig. 12 del Rapporto TerreLogiche), falsando così l'impressione che si ha sullo stato di contaminazione.

Si deve considerare anche che piezometri esterni con valori di trizio molto alti risultano talora prossimi (e.g., PL40/NP2, Z18/NP3) o adiacenti (Z6/NP6, Z18/NP3) a piezometri in cui il valore del

contenuto in trizio è entro i limiti o solo di poco superiore. Un risultato che potrebbe essere anche spiegato considerando le velocità di filtrazione differenti all'interno di un acquifero multistrato, quale quello esistente, e le stesse caratteristiche costruttive dei piezometri, ma che rende improbabile l'ipotesi dell'esistenza di un plume di contaminazione.

Il diaframma plastico del 1986/87 è stato realizzato per ostacolare l'ulteriore contaminazione da percolato dell'area dopo all'incirca 12-14 anni di attività della discarica e di inquinamento. Dalla realizzazione del diaframma al 2022 nei differenti livelli dell'acquifero i contaminanti, inizialmente presenti e dovuti alla diffusa presenza di discariche abusive non controllate, si sono spostati tra alcune decine di metri nei livelli meno permeabili alle decine di chilometri di quelli più permeabili. In queste condizioni i piezometri a tubo aperto, mescolando acque contaminate in vario grado, indicano un valore del contenuto isotopico che dipende dalla stratigrafia corrispondente ad ogni singolo piezometro, stratigrafia molto variabile da luogo a luogo (vedi Tabella 1 del Rapporto TerreLogiche). Una conferma di tale ipotesi si ha osservando i risultati ottenuti per la coppia di piezometri V07/Z07 (interno/esterno), in corrispondenza della quale si hanno valori del contenuto in trizio rispettivamente pari a 907.74 UT e 663.42 UT, cioè molto elevati. Tuttavia, i test di stress idraulico effettuati su questa stessa coppia di piezometri confermano senza alcun dubbio l'efficienza idromeccanica del diaframma.

La notevole mole di dati ottenuti non consente, tuttavia, di stabilire l'esistenza di un plume di contaminazione che avrebbe necessitato una differente distribuzione dei piezometri di controllo ed un'elaborazione temporale dei dati ottenuti. In Fig. 5.7 si riporta un esempio della progressiva estensione del plume di contaminazione di una discarica in depositi alluvionali sabbiosi con intercalazioni argillose e ghiaiose (Masoner e Cozzarelli, 2015).

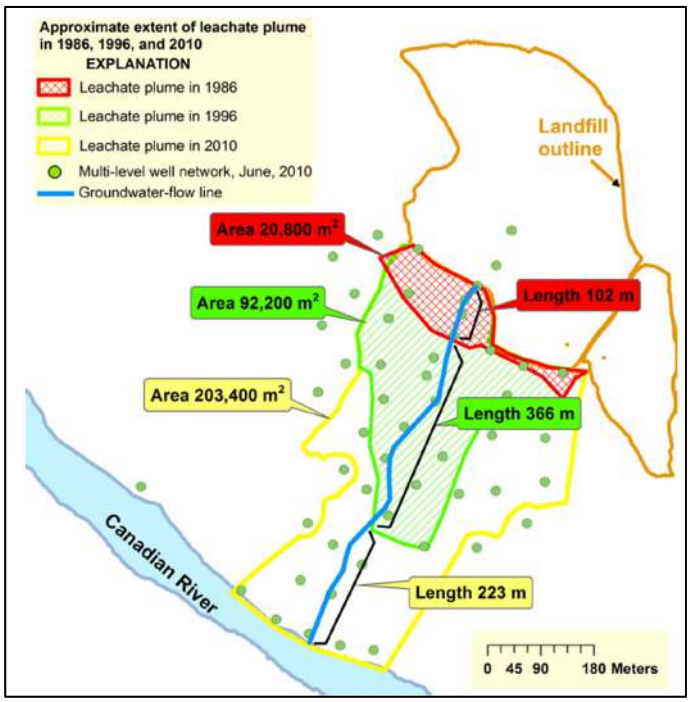


Fig. 6.7 – Estensione nel tempo del plume di contaminazione da percolato e distribuzione dei piezometri di controllo.

Dalla figura si può notare la disposizione dei piezometri di controllo, del tipo multi-livello, e la lenta estensione del plume. Sono immediatamente evidenti le differenze con la situazione di Malagrotta, nella quale il plume di contaminazione non può essere rilevato, ove eventualmente dovesse esistere.

Si può pertanto dire che lo stato di contaminazione, quale riportato in Fig. 24 del Rapporto TerreLogiche, è solo una rappresentazione dello stato attuale senza nessun significato evolutivo non avendo tenuto conto nelle analisi condotte del fattore tempo.

In definitiva si possono trarre, a parte le osservazioni fatte in precedenza, le seguenti considerazioni conclusive:

(1) I dati a disposizione dimostrano che la falda, esterna al diaframma, è separata da quella interna;

(2) A partire dal1987, la realizzazione della barriera cemento-bentonite (polder) ha, di fatto, isolato idraulicamente dal contesto circostante la discarica autorizzata di Malagrotta;

(3) La ricostruzione della falda interna al polder fatta da Technital, almeno apparentemente accettata anche da TerreLogiche, non è scientificamente accettabile poiché non tiene conto: a) della struttura geologica ed idrogeologica di ogni singolo lotto; b) dei pozzi di emungimento e di raccolta del percolato in ogni lotto; c) della rete di drenaggio del percolato; d) della rete di raccolta delle acque piovane e dei pozzi MISE.

(4) la ricostruzione della piezometria della falda esterna al polder, basata su piezometri localizzati negli immediati dintorni del diaframma, e talora influenzata anche da misure piezometriche poco affidabili, non consente l'individuazione del plume di contaminazione, ove anche esistesse. Così come è riportata la piezometria esterna non ha, infatti, il significato idrodinamico che avrebbe dovuto necessariamente avere, soprattutto in un contesto idrogeologico complesso che non è stato né ricostruito né, di conseguenza, considerato. Così come è riportata, infatti, la piezometria esterna non ha alcun significato di continuità idrodinamica che, viceversa, è indispensabile per una corretta ricostruzione della dinamica del flusso: *a) in primo luogo perché l'acquifero in questione è un sistema multistrato, articolato in senso sia verticale che orizzontale a causa delle passate attività estrattive; b) in secondo luogo perché la determinazione di un eventuale plume di contaminazione deve essere rilevato attraverso il continuo e sequenziale rilievo delle quote piezometriche che evidenzino l'evoluzione spazio-temporale del fluido contaminante secondo una specifica direzione*. L'esempio tratto dalla letteratura scientifica, e riportato nella figura 6.7, mostra quali sono le condizioni che consentono di definire un plume di contaminazione. Nel caso in esame, la presenza della barriera rigorosamente impermeabile (polder), posta lungo la direzione dell'ipotetico plume di contaminazione, rende fisicamente inattendibile l'ipotesi formulata. Un'attenta lettura di tutti i dati posti lungo tale direzione, insieme alla distribuzione dei dati piezometrici, fa emergere infatti questa non coerenza, indicando del tutto irreale la presenza del plume di contaminazione;

(5) L'ipotesi di processi di filtrazione attraverso il diaframma è da rigettare in toto, come è dimostrato dai test di stress idraulico effettuati e confermato dalle elaborazioni scientifiche riportate dalla letteratura internazionale di recente pubblicazione (Braga, Prestininzi (2021).

(6) L'ipotesi di sormonto del diaframma da parte del percolato non solo non è dimostrata, ma non è anche scientificamente sostenibile considerando gli spessori e la permeabilità della copertura. Si deve considerare, a tal proposito, che le acque MISE, prossime al margine interno al polder, sono recapitate in pozzetti di accumulo posti allo stesso interno del polder e pompate verso gli appositi depuratori;

(7) Lo stato di contaminazione determinato per l'area in esame non fa riferimento, come avrebbe necessariamente dovuto, alla presenza da oltre 50 anni di almeno 11 discariche non controllate abusive e prive di qualsiasi contenimento idraulico. Una presenza, documentata dal punto di vista idrogeologico e chimico, che può giustificare i valori di contaminazione osservati, certamente

superiori a quelli cui si fa riferimento nel Rapporto TerreLogiche (rette meteo mondiale e di Pisa) per valutare lo stato di contaminazione attuale;

(8) Nelle condizioni considerate lo stato di contaminazione determinato non può fornire alcuna indicazione sul rapporto tra le acque interne al polder e quelle ad esso esterne.

In estrema sintesi, alla luce di quanto sopra esposto, si può affermare che:

a) E' stato dimostrato che la realizzazione nel 1987 del diaframma plastico che contorna l'intera discarica, ha di fatto isolato idraulicamente la stessa dal contesto circostante, cioè dalla falda sotterranea esterna.

b) Sulla base dei test effettuati e delle elaborazioni scientifiche riportate, sono da rigettare totalmente le ipotesi di:

- esistenza di processi di filtrazione attraverso il diaframma;

- tracimazione del percolato al di sopra della testa del diaframma;

Lo stato di contaminazione rilevato nelle aree esterne è stato senza alcuna effettiva dimostrazione attribuito alla discarica di Malagrotta ed il plume di contaminazione non è determinato né determinabile visto che non è definita la sorgente di contaminazione.

Padova, luglio 2024 Prof. Rinaldo Genevois

BIBLIOGRFIA

Braga F. & Prestininzi A. (2021) – The cement-bentonite diaphragm of the Malagrotta municipal waste landfill (Rome, Italy): Efficiency analysis. Italian Journal of Enginering Geology and Environment, 2 (2021).

Favaretti M. (2020): Progettazione e controllo in situ di barriere minerali di discariche controllate di RSU. Convegno Ecomondo – AGI, Rimini.

Galeotti L., Gavasci R., Prestininzi A. & Romagnoli C. (1990). L'impatto delle attività antropiche sulle acque sotterranee nell'area di Malagrotta (Roma). Geologia Applicata ed Idrogeologia' (Bari)

Masoner J.R. & Cozzarelli I.M. (2015) - Spatial and Temporal Migration of a Landfill Leachate Plume in Alluvium. Water Air Soil Pollution 226:18. DOI 10.1007/s11270-014-2261-x

Raco B. & Battaglini R. (2022) - Tritium as a tool to assess leachate contamination: An example from Conversano landfill (Southern Italy). Journal of Geochemical Exploration 235: 106939. https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2021.106939.