

La discarica di Casa Sartori, caso studio

Massimo Pellegrini Geologo



Abstract

La discarica di Casa Sartori è un impianto nato a fine anni 70 e rimasto in attività fino al 2020 circa. Oggi il sito è divenuto sede di un importante centro per la selezione meccanica dei rifiuti, per la produzione di compost e con la recente realizzazione di un moderno biodigestore, anche per la produzione di biometano. Il sito è ubicato tra le colline del Chianti toscano, in comune di Montespertoli, dove da un punto di vista geologico, trova una collocazione ottimale. Esso ricade infatti in un contesto caratterizzato da formazioni argillose impermeabili. Inoltre, essendo la discarica collocata all'interno di una vallecchia, le condizioni geomorfologiche al contorno limitano l'impatto paesaggistico. Se da un lato tale contesto offre buone garanzie da un punto di vista della protezione ambientale e minore impatto sul paesaggio, le caratteristiche del quadro idrogeologico locale, pongono problematiche di carattere progettuale per le reti di monitoraggio qualitativo delle falde acquifere. Nella successione argillosa che rappresenta il substrato su cui è collocato l'impianto di Casa Sartori, si riconoscono infatti vari orizzonti da sabbiosi a sabbiosi ghiaiosi, sedi di limitate falde acquifere, caratterizzati da bassa permeabilità e scarsa potenzialità. I vari piezometri che costituiscono la rete di monitoraggio qualitativo delle acque hanno rivelato come la circolazione idrica entro i livelli permeabili non sia omogenea essendo condizionata da eteropie di facies litologica sia laterale che verticale. In questi livelli la circolazione idrica è sempre molto modesta e, spesso, la parte satura è limitata a pochi decimetri, se non centimetri, basali dell'orizzonte acquifero. Seppure gli acquiferi mostrano una dinamica che risponde, all'andamento pluviometrico, ricevono apporti di ricarica non sufficienti a generare flussi tali da permettere recuperi di livello tali da garantire monitoraggi della falda significativi e in linea con i protocolli richiesti dagli Enti.

Storia dell'impianto

La discarica è ubicata in Comune di Montespertoli (FI), in località Casa Sartori, a circa 4 chilometri a Nord Ovest del capoluogo. Più in particolare l'impianto è localizzato tra località Mandorli e Coeliaula e si sviluppa entro la valle del Botro Sartori. L'attività della discarica parte negli anni 70 sotto gestione diretta del comune di Montespertoli, per poi passare ad ASNU Firenze, successivamente a Fiorentinambiente che realizza i primi interventi di adeguamento alle norme introdotte da DPR 915 /92, e un piccolo ampliamento del sito, gestendolo fino al 1992, anno in cui subentra PUBLISER S.p.A. di Empoli. Quest'ultima società, sempre nel 1992 presenta il primo progetto di ampliamento e contestualmente, di recupero ambientale. Nel 2004 da parte di PUBLIAMBIENTE SpA (ex PUBLISER) viene presentato l'ultimo progetto di ampliamento e recupero ambientale della discarica. Fino verso la fine degli anni 90 in discarica sono stati smaltiti rifiuti pressoché indifferenziati, e solo successivamente la gestione ha introdotto la selezione meccanica e il recupero della frazione organica per la produzione di compost. La discarica è stata attiva fino al 2020 circa, anno in cui sono cominciate le operazioni di realizzazione del capping definitivo, terminate nel 2024.

Verso la fine degli anni 90, nell'area immediatamente a valle della zona di stoccaggio degli RSU, è stato realizzato l'impianto di Selezione meccanica degli RSU e di compostaggio delle matrici organiche, poi ampliato nel 2004, e intorno agli anni 2005-2006 l'impianto di cogenerazione endotermica a biogas.

Nel 2019 ALIA inizia la progettazione di un digestore anaerobico, inaugurato nel 2024, che ha portato alla realizzazione di quattro digestori per il trattamento dei rifiuti organici e la produzione di biogas, combustibile che viene poi trasformato in biometano. Tale impianto, a regime potrà trattare ogni anno fino a 160.000 tonnellate di rifiuti da raccolte differenziate (145.000 di rifiuti organici e 15.000 di verde), producendo circa 12 milioni di metri cubi di biometano e 35.000 tonnellate di compost.



Foto 1: valle del borro Sartori prima degli ampliamenti Publiser e Publiambiente (vista dal piazzale superiore dell'utilizzazione Fiorentinambiente. Anno 1990)



Foto 2: Vista del fronte discarica a fine coltivazione e dell'area a valle con i vari impianti tecnologici (vista da versante vallivo sinistro. Anno 2023)

Quadro geologico di riferimento

L'impianto di Casa Sartori si inserisce in un contesto geologicamente caratterizzato dall'affioramento continuo e monotono di una successione prevalentemente argillosa e/o limoso argillosa di età pliocenica. In tale sequenza sono tuttavia presenti livelli sabbiosi e/o ghiaiosi, talora lenticolari, di spessore molto variabile, che talora divengono prevalenti andando a costituire degli orizzonti relativamente definiti. I vari studi eseguiti nel tempo sull'area hanno individuato 6 orizzonti in cui la componente sabbiosa ghiaiosa diviene predominante, denominati con lettere da A a E. L'Orizzonte A non interferisce direttamente con l'impianto, in quanto si sviluppa sui versanti limitrofi a quote superiori e non interessate dagli RSU. Ugualmente l'Orizzonte E si sviluppa a valle sia dell'area occupata dagli RSU sia dell'impianto di selezione e compostaggio, peraltro a profondità tali da avere una sufficiente protezione geologica rispetto a possibili contaminazioni. Di fatto direttamente e/o parzialmente interferenti con l'area di stoccaggio degli RSU risultano gli orizzonti B, C, BC e D.

Questi sono caratterizzati dalla presenza di livelli a granulometria variabile da sabbiosa fine, spesso limosa, a sabbiosa grossa a tratti ghiaiosa con frequenti eteropie laterali, e spessori che variano da meno di un metro ad oltre i 10 metri. In genere solo gli orizzonti più profondi nella successione argillosa, C, D ed E, presentano una prevalenza di sabbie grosse e ghiaie talora conglomeratiche. I vari orizzonti mostrano una relativa continuità su tutta l'area e una marcata variabilità nel rapporto sabbia-ghiaia/argilla.

Nel tempo, con le varie fasi di ampliamento, per isolare tali orizzonti più permeabili dagli RSU e quindi evitare che gli stessi potessero divenire potenziali vie di fuga per i percolati, oltre ai necessari tamponamenti esterni con argilla e/o geosintetici, sono state realizzate diaframature continue con miscele cemento/bentonite. La Fig.1 illustra il sistema di diaframmi realizzato.

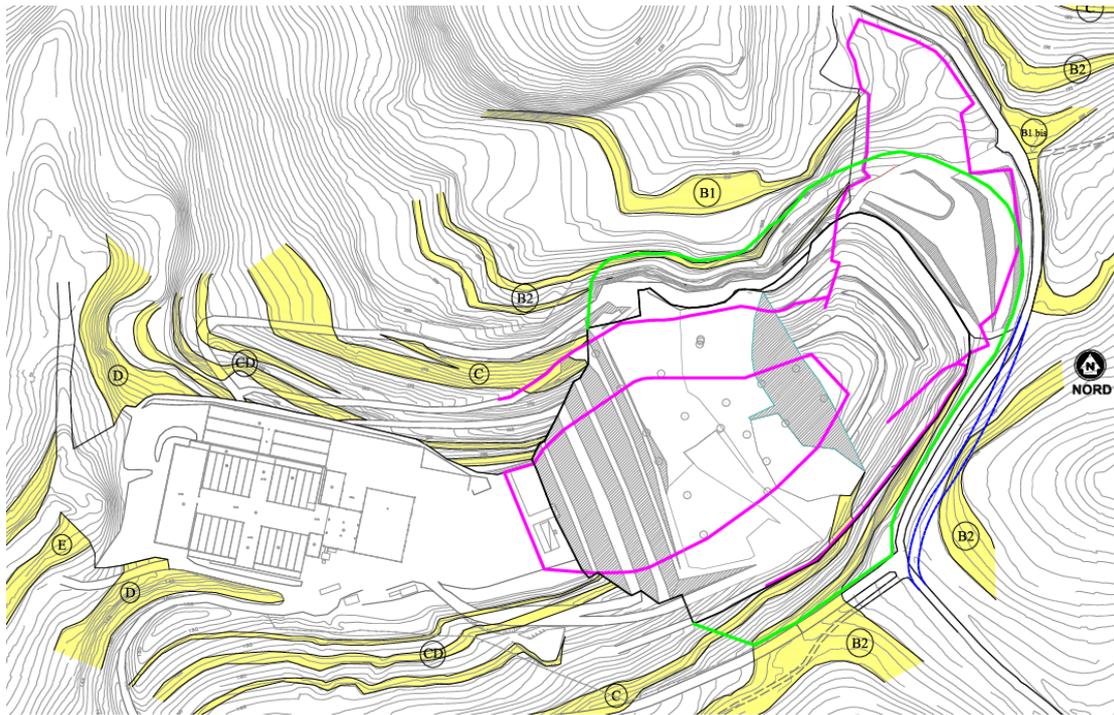


Fig.1 Carta con evidenziati i vari orizzonti granulari individuati nella successione argillosa pliocenica. In fucsia è riportato l'andamento dei diaframmi in miscela cemento/bentonite (planimetria relativa alla fase ante ultimo ampliamento PUBLIAMBIENTE)

L'esecuzione dei diaframmi bentonitici (gestioni Fiorentinambiente e PubliSer) ha permesso di ricostruire con una buona precisione l'andamento di questi orizzonti e in particolare dei livelli sabbiosi e/o sabbiosi ghiaiosi che li caratterizzano. Il diaframma veniva infatti realizzato attraverso scavi secondo pannelli verticali contigui di larghezza max 2.5 metri; permettendo quindi di ricostruire una sezione stratigrafica molto precisa, come illustra lo stralcio di sezione di cantiere riportato in Fig.2.

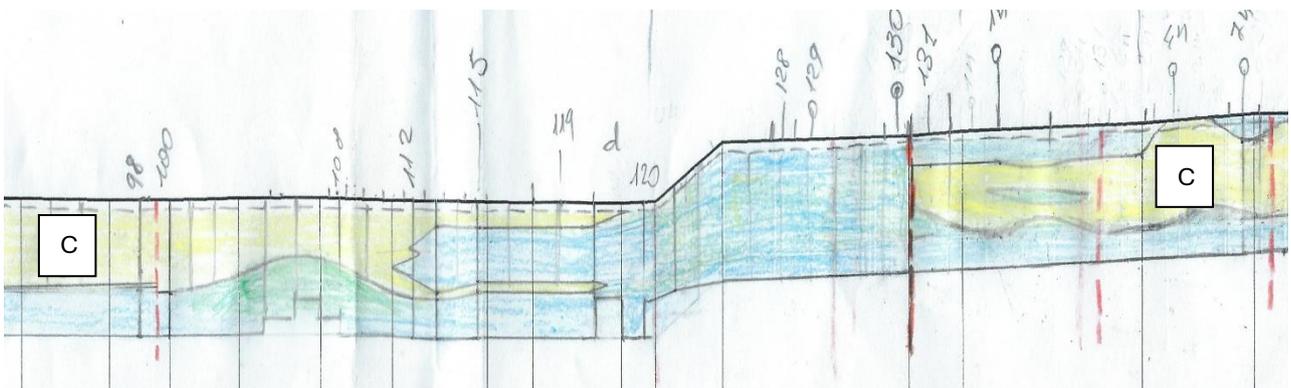


Fig.2 Sezione geostratigrafica lungo diaframma Orizzonte C (da minuta di cantiere)

Si è quindi potuto osservare come questi livelli fossero caratterizzati variazioni laterali sia di spessore che di litologia molto marcate. Si sono osservate variazioni di spessore, da 3-4 metri a meno di un metro, su distanze talora di 4-5 metri. Ugualmente variazioni laterali di facies litologica, con passaggi da sabbie ghiaiose a limi sabbiosi, sempre nell'arco di pochi metri. È stata altresì spesso evidente una marcata lenticolarità, in qualche caso favorita dalla presenza di limitate dislocazioni tettoniche. Tale conformazione lito e geostratigrafica relativamente irregolare, condiziona necessariamente anche il quadro idrogeologico, che può presentare locali limiti di permeabilità in virtù di variazioni litologiche e granulometriche. Tali informazioni, unitamente ai dati stratigrafici dei vari sondaggi eseguiti nell'area hanno altresì permesso di ricostruire l'andamento della giacitura di queste intercalazioni sabbiose ghiaiose che è risultata mediamente vergente verso il quadrante Ovest.

Quadro stratigrafico

I vari orizzonti, come detto, presentano una marcata variabilità nel rapporto sabbia e/o ghiaia/argilla, che può condizionare l'andamento della superficie di contatto, sia al tetto che al letto degli stessi, la loro permeabilità e l'eventuale circolazione idrica. L'esame comparato dei logs stratigrafici dei vari sondaggi eseguiti nel tempo sull'area ha permesso di ricavare informazioni relativamente agli spessori effettivi dei vari orizzonti nonché al loro andamento nello spazio. Il quadro stratigrafico locale può essere così sintetizzato:

Orizzonte B: è costituito da sabbia da fine a limosa fino a limo sabbioso di colore generalmente da giallastro a giallo verdastro. Gli spessori lordi rilevati dai sondaggi variano da 0,5 a 1,8 metri.

Intervallo argilloso tra il letto Orizzonte B e tetto Orizzonte C: si tratta di argille e argille limose da grigie ad azzurrognole molto compatte, talora con concrezioni gessose/calcaree. Lo spessore attraversato dai sondaggi varia dagli 8 ai 18 metri circa.

Orizzonte sabbioso/ghiaioso C: è costituito da sabbie da medie a fini limose giallastre e da livelli spesso ghiaiosi talora cementati e/o con ciottoli. Talora, negli intervalli ghiaiosi, si rileva la presenza di una matrice limosa argillosa, che può divenire prevalente. Le intercalazioni argillose nocciola giallastre sono spesso ricche in fossili. Lo spessore lordo dell'orizzonte varia da un minimo di 2,0 metri ai 5-10 metri max.

Intervallo argilloso tra il letto Orizzonte C e tetto Orizzonte CD: analogamente al resto della successione argillosa, è costituito da argille e argille limose da grigie ad azzurrognole molto compatte, talora con concrezioni gessose/calcaree. Lo spessore completo del setto argilloso è stato attraversato dai sondaggi e raggiunge i 18-20 metri.

Orizzonte sabbioso CD: è costituito in realtà da vari livelli sabbiosi, spesso lenticolari. La granulometria varia da sabbie medie fini a fini limose gialle grigiastre. Lo spessore lordo varia da 1,7 a 8 metri circa

Intervallo argilloso tra il letto Orizzonte CD e tetto Orizzonte D: analogamente al resto della successione argillosa, è costituito da argille e argille limose da grigie ad azzurrognole molto compatte, talora con concrezioni gessose/calcaree e rare intercalazioni limose e/o limose sabbiose. Lo spessore del setto argilloso, attraversato dai sondaggi è risultato di 16 metri massimo.

Orizzonte sabbioso/ghiaioso D: mostra caratteristiche non dissimili da quelle dell'orizzonte C, anche se in questo caso la componente ghiaiosa tende spesso a divenire prevalente. Talora le ghiaie presentano una matrice limosa sabbiosa tendente all'argilloso. Non sono rari i livelli di conglomerato. Le sabbie, giallastre, hanno granulometria variabile da media grossa a fine limosa, mentre le ghiaie variano da medio grosse a eterometriche. I vari livelli argillosi interposti presentano colorazioni variabili dal nocciola al grigio verdastro e presentano spesso plaghe sabbiose azzurrognole. Lo spessore lordo, rilevato dai sondaggi, varia da 1,7 a 13 metri circa

L'effettivo netto poroso, cioè lo spessore complessivo dei livelli sabbiosi è tuttavia in genere minore rispetto a quello dell'orizzonte, attestandosi mediamente tra il 50% e il 70% e solo raramente arrivando al 100% dello spessore totale dell'orizzonte.

Quadro Idrogeologico

Nell'ambito delle varie indagini geognostiche eseguite sul sito, i vari litotipi sono stati indagati anche sotto il profilo idrogeologico e sottoposti sia a prove in situ che di laboratorio, mirate a ricavare i valori caratteristici di permeabilità. Prove Lefranc eseguite sugli intervalli argillosi, hanno rilevato valori di permeabilità molto bassa variabili da 10^{-7} a 10^{-9} cm/sec. Le prove di laboratorio eseguite su campioni indisturbati con permeametro a carico variabile, hanno confermato valori di permeabilità bassissima, compresi tra 1×10^{-9} cm/sec e 8×10^{-10} cm/sec. I vari orizzonti permeabili hanno mostrato anch'essi permeabilità relativamente basse, seppur chiaramente più elevate rispetto alle argille, e mediamente comprese tra 1×10^{-5} e 1×10^{-7} cm/sec. La tabella che segue sintetizza i valori di permeabilità rilevati sui vari orizzonti attraverso prove in situ e/o laboratorio.

Orizzonte	Litologia	Permeabilità K (cm/sec)		
		Lefranc	Svuotamento	Laboratorio
B	Sabbia limosa	2.0×10^{-5}		$6.6 \times 10^{-7} \div 9.2 \times 10^{-7}$
C	Sabbie ghiaiose		1.4×10^{-4}	
C	Sabbie addensate	2×10^{-7}		
C	Sabbie medio fini		$3.0 \times 10^{-5} \div 6.0 \times 10^{-6}$	
CD	Sabbie limose	$3.0 \times 10^{-5} \div 5.6 \times 10^{-7}$		
CD	Sabbia media fine		$1.3 \times 10^{-5} \div 5.0 \times 10^{-7}$	
D	Sabbia con ghiaia		1.5×10^{-5}	
D	Sabbia media fine		2.0×10^{-5}	

Tab.1 Permeabilità orizzonti sabbiosi ghiaiosi

Tali valori di permeabilità sono tipici di acquiferi a bassa permeabilità o, meglio, li portano a classificare come acquitard. I piezometri realizzati sia in fase di caratterizzazione del sito che quelli poi realizzati per la costituzione della rete di controllo qualitativo delle falde, hanno per lo più rivelato circolazione sotterranea che raramente saturava il livello permeabile. In moltissimi casi la circolazione era concentrata nei primi 10-20 centimetri basali del livello permeabile, Fig. 3. Ne deriva quindi anche una trasmissività molto contenuta e fortemente condizionata dalla facies litologica.

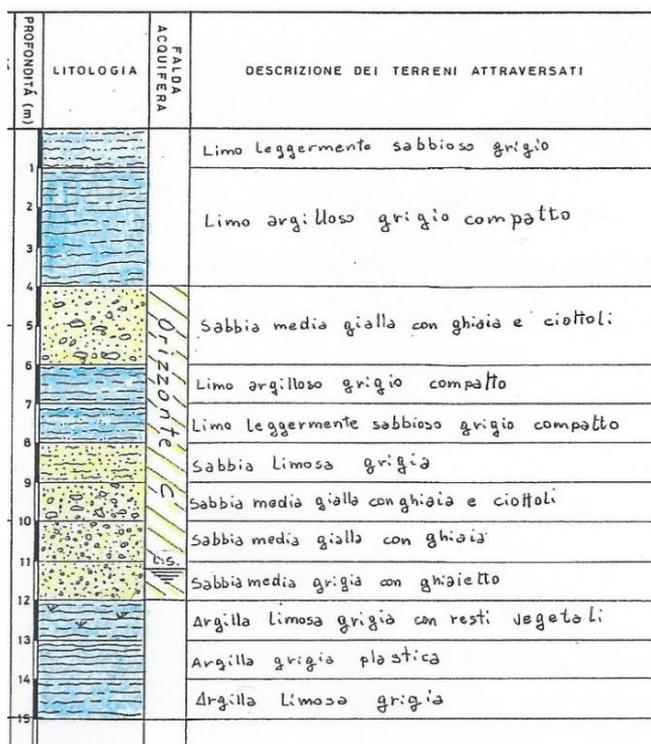


Fig.3 Log piezometro (Orizzonte C)

Altro elemento che contribuisce a condizionare la circolazione idrica in questi orizzonti è rappresentato, in virtù anche dei contenuti spessori, dalla probabile limitatezza delle aree di ricarica, che peraltro, considerato il quadro geomorfologico locale, vanno ricercate in zone distanti dall'area della discarica. La distanza delle zone di ricarica, le basse permeabilità e trasmissività condizionano necessariamente la circolazione idrica all'interno dei livelli permeabili. La circolazione, risulta molto lenta e talora localmente intermittente, fortemente condizionata anche dalla probabile presenza di limiti e variazioni locali di permeabilità, che determinano e governano le direzioni del flusso idrico all'interno dell'orizzonte, con zone dove tali caratteristiche favoriscono una circolazione relativamente più veloce permettendo ricariche più veloci e zone caratterizzate invece da permeabilità e trasmissività minori, dove la ricarica diviene più lenta, se non difficoltosa e intermittente.

Rete di monitoraggio piezometrico

Nel contesto precedentemente descritto, è stato progettato l'esistente sistema di monitoraggio della discarica, basato sul controllo indipendente della qualità dei flussi sotterranei dei singoli orizzonti sia in entrata sia in uscita, nel senso di direzione del flusso piezometrico, rispetto all'area della discarica, mediamente diretto verso il quadrante ovest, in accordo con l'assetto geometrico dei vari orizzonti. Il piano di monitoraggio originario prevedeva 16 piezometri:

Piezometro	Controllo flusso
M3B	Uscita
M4B	Entrata
M5B	Entrata
M2CD	Uscita
M3CD	Uscita
M4CD	Entrata
M6CD	Entrata
M3C	Uscita
M4C	Entrata
M5C	Entrata
M1D	Uscita
M2D	Uscita
M3D	Uscita
M4D	Entrata
M6D	Entrata
M7D	Uscita

Tab.2 Rete piezometrica di monitoraggio

A questi, nel tempo, a seguito di richieste da parte degli Enti di controllo in relazione ai vari impianti tecnologici realizzati sul sito, sono stati aggiunti altri punti di monitoraggio, che hanno riguardato fondamentalmente l'Orizzonte D, E e C. Ad oggi la rete è composta da ben 26 piezometri.

La presenza circolazione idrica nei vari orizzonti è risultata sempre molto modesta con la parte satura spesso limitata a pochi decimetri, se non centimetri, basali del livello permeabile, dove si concentra il limitato flusso idrico. La marcata variabilità nel rapporto sabbia e/o ghiaia/argilla, influisce, in maniera significativa sulla permeabilità e sulla potenzialità dei livelli permeabili. La perforazione dei piezometri, come precedentemente descritto, ha evidenziato come la circolazione idrica entro i livelli permeabili non sia omogenea: una migliore granulometria favorisce un migliore drenaggio e quindi circuiti di alimentazione privilegiati e in genere più veloci, con variazioni significative anche fra zone contigue, da cui differenti e marcati comportamenti riscontrati in piezometri anche non distanti fra loro.

Il protocollo di campionamento stabilito con gli Enti di controllo prevede:

- lo spurgo dei piezometri 72 ore prima delle operazioni di campionamento;
- il prelievo del campione di acqua solamente se il livello piezometrico risulta superiore all'altezza dei filtri di ricarica così da assicurarsi che il pozzo sia stato ricaricato da acqua "fresca" e non stagnante da tempo nella colonna di esercizio.

Fino dall'inizio dell'operatività della rete di monitoraggio, è apparso chiaro come vari piezometri risultassero non campionabili per gran parte dell'anno in base alle modalità stabilite.

Come messo in evidenza dai vari monitoraggi, molti dei piezometri, nonostante presentino livelli al disopra della base della sezione filtrante, una volta eseguito lo spurgo, non mostrano assolutamente tempi di ricarica sufficienti a garantire un recupero tale da riportare il livello della falda al di sopra della base della sezione filtrante, di fatto rendendo impossibile il campionamento secondo il protocollo.

Al successivo monitoraggio, a distanza di tempo, i livelli in genere si ripresentano nuovamente sopra la parte filtrante, dimostrando quindi che l'acquifero captato, seppur molto lentamente, recupera condizioni di equilibrio rispetto al quadro idrogeologico. L'acquifero mostra quindi una dinamica che peraltro, come rilevato con osservazioni nel tempo e correlazioni con l'andamento pluviometrico, risponde, seppur con un relativo ritardo, alle piogge; evidentemente gli apporti di ricarica non sono sufficienti a generare flussi tali da permettere recuperi di livello in tempi congrui con il protocollo di prelievo stabilito.

Inizialmente si è provato a delocalizzare tali piezometri, ma con scarsissimi risultati, se non addirittura riscontrando condizioni talora ancora più penalizzanti.

La variabilità laterale e verticale di facies litologica verificata entro gli intervalli di profondità in cui tendono a svilupparsi gli orizzonti più permeabili, costituisce infatti un elemento fortemente condizionante e di incertezza per l'eventuale ubicazione di punti di controllo sostitutivi. Queste stesse problematiche idrogeologiche sono state peraltro riscontrate anche in altri siti che si trovano in contesti geologici simili, a conferma di quanto in questi quadri idrogeologici caratterizzati da livelli a bassa /bassissima permeabilità (con comportamento da acquitard) non sempre è possibile costruire reti di monitoraggio significative e rappresentative.