

INDICE

1	PREMESSA.....	1
2	MODELLO GEOLOGICO E SCELTA DEL TRACCIATO DEL DIAFRAMMA DI TENUTA..	2
3	CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE DEL DIAFRAMMA.....	7
4	OPERAZIONI PRELIMINARI.....	11
5	PROVVEDIMENTI COLLATERALI	13

1 PREMESSA

La proposta progettuale, presentata nel marzo 2014, prevedeva la realizzazione di un diaframma di tenuta nel sottosuolo della spalla destra a monte della diga, per intercettare i flussi di filtrazione che nelle condizioni attuali interessano il sottosuolo a monte dello sbarramento, aggirando l'estremità del nucleo di tenuta della diga (vedi *Relazione geotecnica*, cod. *PESD00RL0003*). Il diaframma era previsto che fosse innestato nel nucleo suddetto, in corrispondenza dell'estremità destra della spalla, con profondità massima di 20 m e lunghezza di circa 73,50 m.

Dal momento che l'andamento medio della superficie di contatto *substrato pliocenico - alluvioni antiche* nel sottosuolo dell'area interessata a monte dello sbarramento era conosciuto nelle grandi linee, sono state eseguite nel 2016, a cura del Committente, indagini preliminari (geofisiche e con sondaggi) per costruire una mappa sufficientemente approssimata delle quote della superficie di tetto del *substrato mio-pliocenico* nel sottosuolo dell'area entro la quale si prevede sia sviluppato il tracciato del diaframma.

Questo documento nella prima revisione progettuale del febbraio del 2014 è stato redatto dal Prof. Ing. Sergio Olivero, con la collaborazione della scrivente.

Attualmente è stata predisposta una revisione parziale del documento in quanto, a seguito delle risultanze delle suddette indagini, è emersa la necessità di una revisione progettuale plano-altimetrica del tracciato del diaframma, come meglio esposto nella *Relazione geotecnica* (cod. *PESD00RL0003*).

I risultati di tali prove saranno messe a disposizione agli esecutori del diaframma previsto.

2 MODELLO GEOLOGICO E SCELTA DEL TRACCIATO DEL DIAFRAMMA DI TENUTA

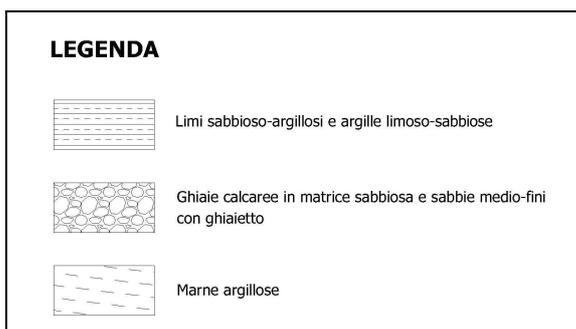
Con riferimento ai modelli geologico e geotecnico illustrati nelle Relazioni specifiche alle quali si rimanda per maggiori dettagli (vedi elaborati PESD00RL002 e PESD00RL003), il tracciato del diaframma ricade nella zona marginale dell'orizzonte delle *alluvioni antiche*, a ridosso dell'antica falesia a monte del terrazzo d'erosione in sponda destra del torrente Gallero poco a monte della sua confluenza nel fiume Tavo.

Il ciglio della falesia localmente ricade grosso-modo a monte della scarpata che fiancheggia la sede stradale sul prolungamento del coronamento della diga.

Come detto in premessa e meglio dettagliato nella *Relazione geotecnica* (cod. PESD00RL003), sono state eseguite indagini geofisiche e con sondaggi per ricostruire l'andamento medio della superficie di contatto *substrato pliocenico - alluvioni antiche* nel sottosuolo dell'area interessata a monte dello sbarramento.

L'andamento medio della superficie di contatto *substrato pliocenico - alluvioni antiche* nel sottosuolo dell'area interessata a monte dello sbarramento è stato investigato e ricostruito attraverso la campagna di indagini geofisiche e geognostiche eseguite nel 2016.

Nel sottosuolo del tracciato riportato nel profilo di fig. 1 tale andamento è stato interpolato tramite l'interpretazione dei risultati delle suddette indagini, utilizzando anche i dati forniti dai precedenti sondaggi del 2006 in prossimità della spalla destra.



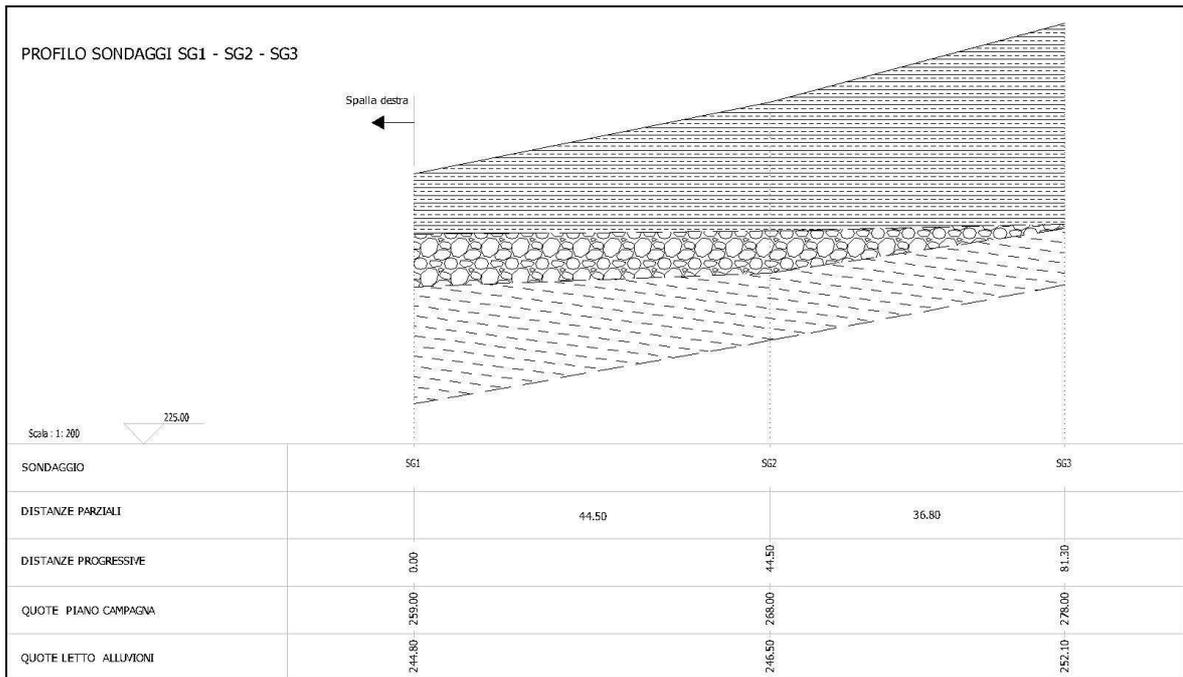


Figura 1 – Profilo geologico lungo i sondaggi del 2016

Come si evince dai profili geologici dell'elaborato *PESD00PR001* e riportati nella *Relazione geotecnica* (cod. *PESD00RL003*), le quote relative alla superficie di contatto *substrato pliocenico - alluvioni antiche* lungo l'asse del diaframma (in corrispondenza dell'intersezione con i profili geologici) potrebbero essere approssimativamente le seguenti:

- profilo S3-SG1: quota 246.50 m;
- profilo S3-SG2: quota 247.00 m;
- profilo S3-SG3: quota 248.00 m;
- profilo S4-SG3: quota 249.40 m.

Sulla base delle conoscenze geologiche attuali, sono state prese in esame più soluzioni di tracciato in relazione anche al condizionamento relativo alla pendenza massima della pista di lavoro da realizzarsi preliminarmente all'esecuzione del diaframma.

Negli elaborati di progetto presentati, il tracciato prescelto, a partire dall'estremità del nucleo di tenuta della diga, si dirige verso l'area campestre in dolce pendio sul lato verso valle (vedi per es. foto di figg. 2 e 3) abbandonando la sede stradale esistente e, dopo il tratto in curva, si sviluppa verso la porzione di scarpata con quote crescenti.

Il tracciato planimetrico è stato esteso verso l'affioramento del substrato marnoso (che procedendo verso monte era stato supposto risalisse fino ad affiorare a quote prossime a 268-270 m s.l.m.) fino a raggiungere la zona in cui, in base alle risultanze delle indagini del 2016, lo strato di *alluvioni*

antiche ghiaioso-sabbioso-limose si assottiglia (circa quota 268 m s.l.m.). Cautelativamente è stato prolungato fino a quota prossima 272.00 m s.l.m (vedi fig. 6 e *Profilo longitudinale dell'intervento* - codice elaborato *PESD00PR002*). Interpolando i dati di conoscenza attuali, tale situazione è prevista a 84 m circa dall'estremità del nucleo della diga.

L'andamento planimetrico del diaframma previsto in progetto è rappresentato nelle seguenti figure 4 e 5 (vedi anche elaborati grafici *Planimetrie generale dell'intervento* – codice elaborato *PESD00PL002* e *Planimetria di dettaglio dell'intervento* – codice elaborato *PESD00PL003*).



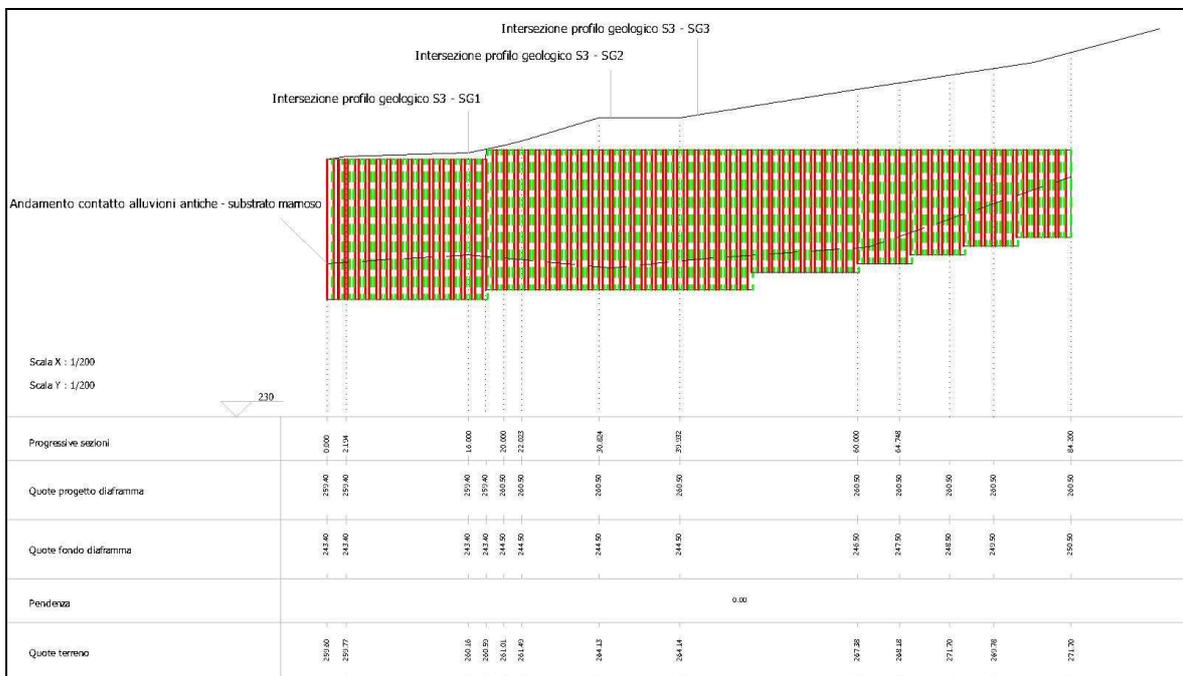
Figura 2 – Area interessata dall'intervento



Figura 3 – Il pendio a valle della sede stradale in spalla destra, nel sottosuolo del quale sarà impostato il diaframma. Il tracciato di questo si svilupperà grosso modo attraverso l'area occupata dalle arnie, diretto verso il palo della linea elettrica più a monte

Le profondità dei pali stimate lungo tutta l'estensione dell'intervento sono le seguenti:

- n. 80 pali (40 primari + 40 secondari) con profondità pari a 16 m;
- n. 20 pali (10 primari + 10 secondari) con profondità pari a 14 m;
- n. 10 pali (5 primari + 5 secondari) con profondità pari a 13 m;
- n. 10 pali (5 primari + 5 secondari) con profondità pari a 12 m;
- n. 10 pali (5 primari + 5 secondari) con profondità pari a 11 m;
- n. 10 pali (5 primari + 5 secondari) con profondità pari a 10 m.



3 CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE DEL DIAFRAMMA

3.1 Tipologia costruttiva

L'intervento consiste nella realizzazione di un diaframma di "pali secanti". Nel diaframma in progetto i "pali" sono previsti con diametro di circa 800 mm ⁽²⁾, realizzati con interasse di circa 600 mm; vedi fig. 6.

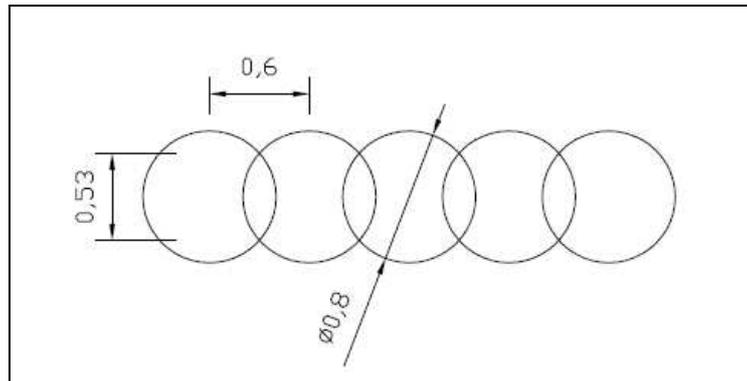


Figura 6 – Schema planimetrico con dimensioni del diaframma

La sequenza di costruzione dei pali secanti, prevede l'esecuzione dei pali primari e secondari. Durante lo scavo di questi ultimi si procede alla parziale demolizione dei pali primari adiacenti (vedi figura 7).

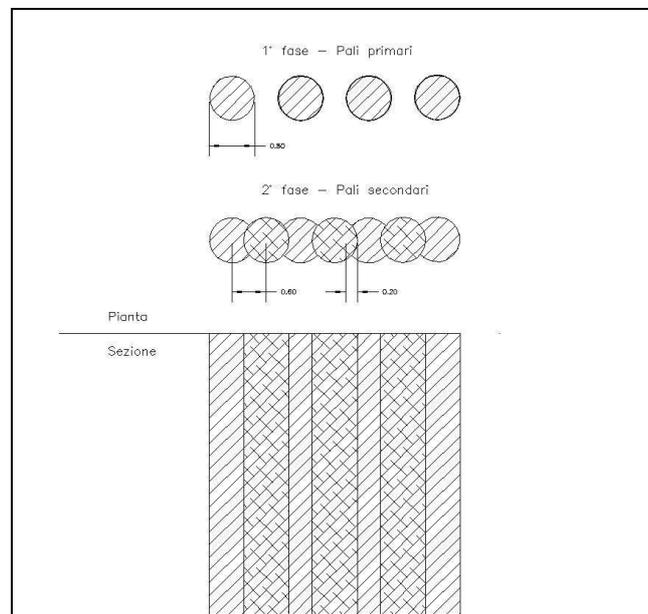


Figura 7 – Schema esecutivo pali secanti

⁽²⁾ Le attrezzature oggi operative sul mercato trattano diametri di palo non sempre espressi in cifre millimetriche tonde : per es. 735 mm.

E' prevista tassativamente la tipologia costruttiva che prevede la perforazione dei pali "ad elica continua tubata".

I pali trivellati ad elica continua tubati sono realizzati mediante infissione per rotazione di una trivella ad elica continua e di una tubazione di rivestimento (l'una e l'altro rotanti in senso inverso). Raggiunta la profondità prevista, il calcestruzzo è pompato attraverso il tubo convogliatore interno all'anima dell'elica, mentre questa è fatta risalire mantenendo la rotazione. Parallelamente viene recuperata anche la tubazione di rivestimento.

In fig. 8 è riportato lo schema tipologico di realizzazione del singolo palo. Nella figura si prevede anche l'inserimento della gabbia di armatura, che nel caso considerato sarebbe invece assente.

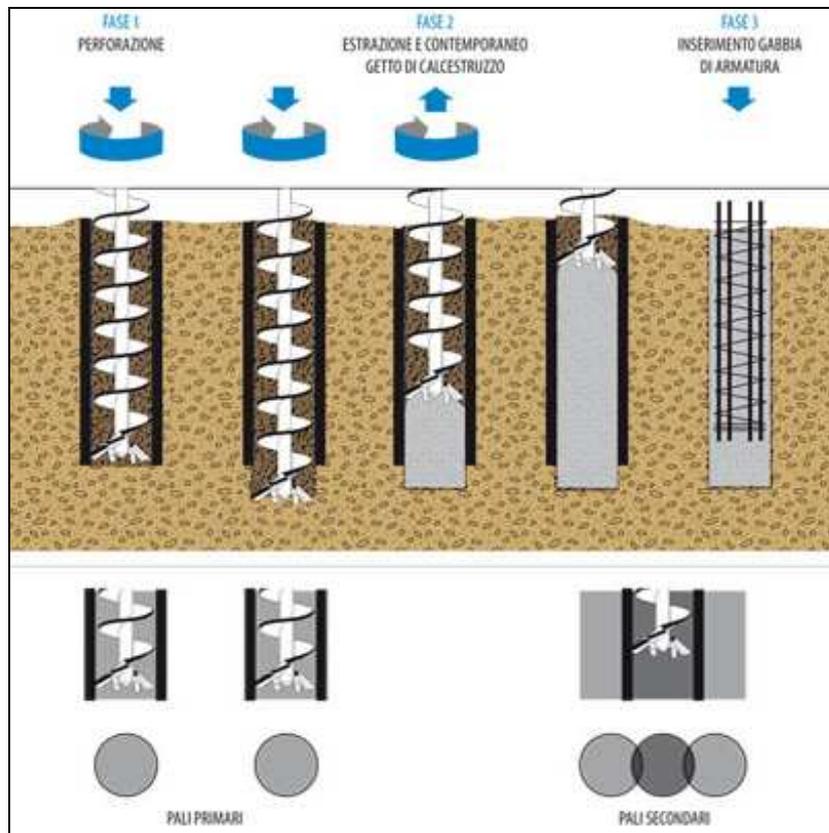


Figura 8 – Schema tipologico rappresentativo della realizzazione dell'intervento con pali secanti

Questa tecnica costruttiva, ormai collaudata in lavori anche molto impegnativi, consente un rigoroso rispetto del progetto, sia negli aspetti geometrici, sia nella composizione del calcestruzzo relativo alla struttura realizzata, le cui caratteristiche possono essere scelte prescindendo completamente dalle corrispondenti caratteristiche dei terreni attraversati; non richiedono fanghi di circolazione (con connessi problemi di inquinamento e di smaltimento dei fanghi stessi).

La tipologia di intervento permette di raggiungere caratteristiche di permeabilità del diaframma fino a $10^{-6} \div 10^7$ m/s, che nello specifico impiego richiesto possono considerarsi adeguate.

La coppia “elica + rivestimento tubolare” consente un’ elevata rigidità, che garantisce potenziali deviazioni dall’asse teorico del palo significativamente inferiori rispetto a quanto ottenibile con altri sistemi costruttivi. La potenziale deviazione dalla verticale può essere mantenuta generalmente al di sotto dell’1%.

Nelle versioni più aggiornate, quasi tutte le fasi di esecuzione sono automatizzate e controllabili con continuità dagli operatori.

3.2 I caratteri specifici del diaframma previsto

Si prevede che il diaframma sia sviluppato, sulla verticale di ciascun palo, a partire dalla quota della pista di lavoro fino a circa due metri sotto la locale quota di incontro del tetto del substrato mio-pliocenico.

Resta inteso che, se nel corso delle lavorazioni non si dovesse raggiungere il tetto del substrato alla quota prevista in progetto, la perforazione dovrà essere effettuata fino al raggiungimento di detto strato e prolungata di due metri oltre la quota raggiunta.

Per il calcestruzzo è previsto l’impiego di una miscela preconfezionata, atta a costituire un “calcestruzzo plastico”, costituita da un prodotto premiscelato, pronto per l’impiego, composto da leganti minerali cementizi, componenti argillosi bentonitici oltre ad aggiunte speciali.

A tal proposito, prima dell’avvio delle lavorazioni, il costruttore dovrà ottimizzare il “*mix design*” del calcestruzzo per garantire la corretta esecuzione della tecnologia, in accordo con le esigenze progettuali.

Qualora le lavorazioni dovessero svolgersi nel periodo invernale, si raccomanda di mantenere la temperatura della miscela sempre al di sopra di 5° (con temperatura acqua di 10°-12°).

Per quanto riguarda la pratica esecutiva, questi pali sono generalmente realizzati con una specifica sequenza. In un tratto di diaframma di una certa lunghezza, considerando una numerazione progressiva da un capo all’altro del tratto, sono eseguiti prima i pali “primari” e successivamente i pali “secondari” con un ritmo temporale che consenta di realizzare i pali “secondari” quando la scarpa del loro rivestimento tubolare sia ancora in grado di tagliare il calcestruzzo pertinente ai corrispondenti pali “primari” adiacenti, mentre è ancora fresco.

Nel caso in esame per la realizzazione dei pali secondari si prescrive di seguire la seguente tempistica :

- in estate dal 7° al 12° giorno rispetto alla data di getto dei pali primari;

- in inverno dal 9° al 15° giorno rispetto alla data di getto dei pali primari.

Per garantire la richiesta disposizione planimetrica del diaframma saranno realizzate delle corree di guida per identificare la posizione di tutti i pali e per consentire una guida verticale all'inizio della perforazione.

Per ulteriori e maggiori dettagli circa le modalità operative e le prescrizioni da osservare in corso d'opera si rimanda alle *Specifiche tecniche esecutive* (cod. PESD00ST001).

4 OPERAZIONI PRELIMINARI

Preliminarmente l'avvio delle lavorazioni dovrà essere effettuata la risoluzione delle interferenze che saranno segnalate dal Committente.

L'Appaltatore dovrà altresì effettuare il picchettamento dell'asse del tracciato del diaframma e su indicazione del Committente eseguire le prove preliminari indicate nel precedente capitolo 2.

Agli effetti del dimensionamento del diaframma previsto, è da considerare che le caratteristiche delle attrezzature previste per l'esecuzione del diaframma impongono un limite massimo alla pendenza della pista di lavoro nell'ordine di 1-2%.

Nel tratto campestre (v. figg. da 2 a 4) il pendio naturale presenta una pendenza superiore al valore limite per la pista di lavoro richiesta dall'attrezzatura prevista. Sarà perciò necessario lo scavo dell'area di lavoro in trincea, la realizzazione con una pendenza longitudinale nulla, al fine di ridurre al massimo eventuali problemi di verticalità che dovessero crearsi nel corso della perforazione e di contenere la lunghezza dei pali nei limiti precedentemente indicati. (vedi in proposito e *Quaderno delle sezioni trasversali* - cod. PESD00SZ002)⁽¹⁾.

In progetto, la larghezza della pista suddetta è stata valutata in base ad una stima effettuata con riguardo a precedenti cantieri con analoghe attrezzature operative. In particolare, viste le dimensioni in pianta delle macchine operatrici (dell'ordine di circa 4.00 m) utilizzabili per questo tipo di lavorazione, è stata prevista una larghezza della pista tale (10 m, con rampe di 6 m e 4 m rispetto all'asse della sezione di scavo) da poter operare in assenza di interferenze e con adeguata distanza dalle scarpate di scavo.

Resta inteso che sarà cura dell'Appaltatore la verifica preliminare delle pendenze e della larghezza dello scavo necessario per la realizzazione della pista di lavoro, in funzione delle dimensioni delle attrezzature che intenderà adottare, per garantire la sicurezza delle scarpate di scavo.

Dopo aver realizzato la pista di lavoro dovranno essere installate n. 3 coppie di piezometri ai bordi della pista nei quali saranno effettuate preliminarmente delle prove di permeabilità tipo Lefranc per la verifica delle condizioni di permeabilità "ante-operam".

Le prove saranno ad immissione per i piezometri realizzati a monte del futuro diaframma di progetto e ad emungimento per quelli ubicati a valle dello stesso.

(1) Un tracciato alternativo a quello già indicato, preso precedentemente in esame, considerava un primo tratto lungo il bordo della sede stradale verso monte prima di portarsi nella zona campestre, ma avrebbe richiesto comunque interventi di scavo sul terreno per le ragioni operative delle attrezzature già ricordate, e avrebbe comportato l'uscita di servizio della sede stradale esistente per un periodo chiaramente inaccettabile.

Dopo aver effettuato le prove, i piezometri dovranno essere opportunamente protetti con pozzetto e segnalati con materiale ad alta visibilità per evitare che vengano danneggiati nel corso delle lavorazioni. Si raccomanda inoltre di mantenere i piezometri adiacenti pieni d'acqua per evitarne l'eventuale intasamento con la miscela durante la realizzazione dei pali adiacenti.

Per ulteriori e maggiori dettagli circa le modalità operative e le prescrizioni da osservare per l'effettuazione delle prove suddette, si rimanda alle *Specifiche tecniche esecutive* (cod. PESD00ST001).

5 PROVVEDIMENTI COLLATERALI

Nell'ambito del programma degli interventi destinati ad escludere o quanto meno a ridurre drasticamente i flussi idrici di aggiramento dello sbarramento creato con la diga, sono previsti anche i seguenti provvedimenti riguardanti il problema affrontato:

- rilevamento sistematico dell'eventuale trasporto solido delle acque del drenaggio destro e del drenaggio centrale;
- esame della possibilità di stimare preventivamente l'eventuale presenza e l'importanza di un contributo alla portata idrica raccolta dal "drenaggio destro" che fosse eventualmente fornito da filtrazioni localizzate nei terreni al letto del nucleo di tenuta, sopra la quota critica di 250 m circa;
- documentare con prove di permeabilità i risultati ottenuti in termini di riduzione della permeabilità rispetto alla situazione "ante-operam", da realizzarsi analogamente a quelle realizzate nella fase preliminare nei piezometri già installati (si vedano al riguardo le indicazioni delle *Specifiche tecniche esecutive* – cod. PESD00ST001).