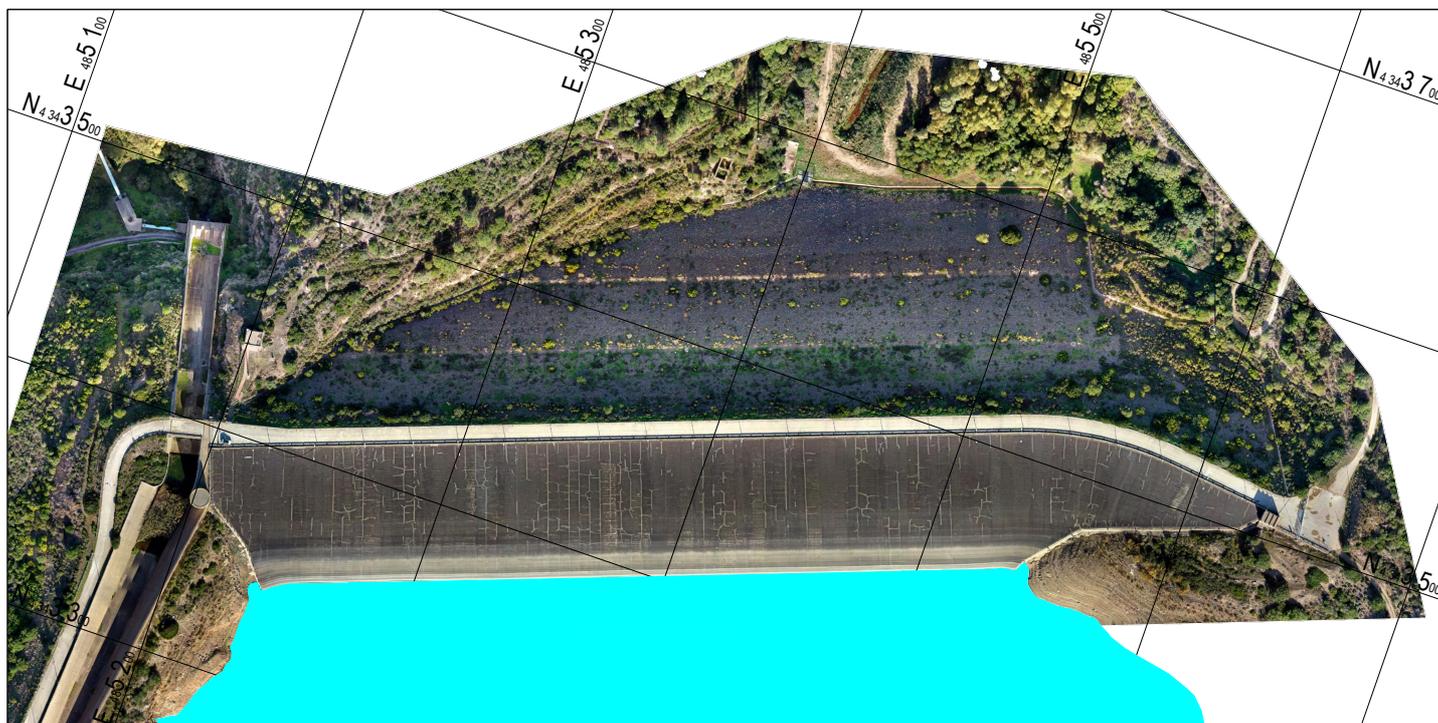




MEDAU

Intervento di ripristino del paramento di monte e della diga secondaria ed integrazione dello schermo di tenuta - Cig 82861868FF - Cup:E73E19002460001



FATTIBILITA' TECNICA - ECONOMICA

Relazione CAMPO PROVE Vol. 3 di 13

Tav./Elab. **E.03**

Rev. **F**

2 0 0 G E N R S P 0 0 1 F 19 Mar 2022
sezione - sub-sezione - tipo - ufficio - prog. n° - serie - rev. data

Il Progettista



**Ingegnere Progettista e Responsabile dell'Integrazione
tra le varie Prestazioni Specialistiche**

Dott. Ing. Antonio Brasca
Ordine degli ingegneri di Roma - Iscr. n° 19574 sez. A

Sicurezza in fase di Progettazione

Arch. Andrea Serafini
Ordine degli Architetti della Provincia di Roma -
n° 13448

Geologia

Dott. Andrea Cona
Ordine degli Geologi della Toscana - n° 795

**Il Direttore del Servizio Opere Idriche
e Idrogeologiche - RUP**
Ing. Costantino Azzena

Marzo 2022

INDICE

VOLUME	TITOLO
1 di 13	Relazione GENERALE
2 di 13	Relazione TECNICA
3 di 13	Relazione CAMPO PROVE
4 di 13	Relazione INDAGINI
5 di 13	Elaborati GRAFICI
6 di 13	Prime INDICAZIONI e disposizioni per la stesura dei PIANI della SICUREZZA
7 di 13	Calcolo Sommario della Spesa e QUADRO ECONOMICO
8 di 13	CRONO PROGRAMMA dell'intervento
9 di 13	Documento di FATTIBILITÀ delle ALTERNATIVE Progettuali
10 di 13	Studio Preliminare AMBIENTALE
11 di 13	Studio di INSERIMENTO URBANISTICO
12 di 13	Relazioni di INCIDENZA
13 di 13	Piano Preliminare UTILIZZO TERRE in Sito

<i>Paragrafo</i>	<i>Titolo</i>	<i>Pag.</i>
1	CONTENUTO	1
1.1	INTRODUZIONE.....	1
1.2	SCOPO dell'INCARICO	1
1.3	CONTENUTO del PRESENTE ELABORATO	2
2	BULBO di INIEZIONE.....	3
2.1	INTRODUZIONE.....	3
2.2	SCHEMA di INTERVENTO	3
2.2.1	INTRODUZIONE	3
2.2.2	GEOMETRIA.....	3
2.2.3	SEQUENZA ESECUTIVA	4
3	CAMPO PROVE	5
3.1	INTRODUZIONE.....	5
3.2	GEOMETRIA	5
3.3	INIEZIONI di VALLE	6
3.3.1	INTRODUZIONE	6
3.3.2	METODOLOGIA	6
3.3.3	MISCELE di INIEZIONE.....	8
3.3.4	PARAMETRI di INIEZIONE	8
3.3.5	MONITORAGGIO e REGISTRAZIONE DATI	8
3.4	INIEZIONI di MONTE	9
3.4.1	INTRODUZIONE	9
3.4.2	METODOLOGIA	9
3.4.3	MISCELA.....	12
3.4.4	PARAMETRI di INIEZIONE	12
3.4.5	MONITORAGGIO e REGISTRAZIONE DATI	13

<i>Lista delle Figure</i>	<i>pag.</i>
<i>Figura 2.2.1: Geometria dell'intervento di "ispessimento" della cortina.....</i>	<i>3</i>
<i>Figura 2.2.2: Pianta bulbo integrativo.....</i>	<i>4</i>
<i>Figura 3.3.1: Iniezioni con resine: pompe bi-componente e miscelatore statico.....</i>	<i>6</i>
<i>Figura 3.3.2: Iniezioni con resine: tubicini di iniezione</i>	<i>6</i>
<i>Figura 3.3.3: Campo Prove, fila di Valle.....</i>	<i>7</i>
<i>Figura 3.4.1: Percorsi di iniezione V-P (vol. cumulato-pressione) e V- q/p (vol. cumulato-penetrabilità)</i>	<i>10</i>
<i>Figura 3.4.2: Gibe III (Etiopia), distribuzione dei punti finali di iniezione per serie di fori successive</i>	<i>10</i>
<i>Figura 3.4.3: Campo Prove, fila di Monte.....</i>	<i>11</i>
<i>Figura 3.4.3: Parametri di iniezione</i>	<i>13</i>
<i>Figura 3.4.4: Registrazione dei parametri di iniezione</i>	<i>14</i>
<i>Figura 3.4.5: Rappresentazione schematica del volume iniettato</i>	<i>15</i>

DICHIARAZIONE DI ESCLUSIONE DI RESPONSABILITÀ

Le Società Studio Ing. G. Pietrangeli s.r.l. (SP) sottolinea che varie sezioni di questo rapporto si basano su dati forniti da o provenienti da fonti di terze parti. SP non si assume alcuna responsabilità per perdite o danni subiti dal cliente o da terzi a causa di errori o inesattezze in tali dati.

1 CONTENUTO

1.1 INTRODUZIONE

Il presente elaborato è stato redatto in conformità allo schema di contratto di Appalto per " AFFIDAMENTO DELLE ATTIVITÀ DI SERVIZI DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA PER LA PROGETTAZIONE DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA, ESECUTIVA, DIREZIONE DEI LAVORI E COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE ED ESECUZIONE AFFERENTE ALL'INTERVENTO DENOMINATO "MEDAU ZIRIMILIS (7D.S3): INTERVENTO DI RIPRISTINO DEL PARAMENTO DI MONTE DELLA DIGA PRINCIPALE E DELLA DIGA SECONDARIA ED INTEGRAZIONE DELLO SCHERMO DI TENUTA", CON INCARICO OPZIONALE PER DIREZIONE DEI LAVORI E ASSISTENZA AL COLLAUDO, PROVE DI ACCETTAZIONE, CONTABILITÀ DEI LAVORI, COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN ESECUZIONE" entrato in forza con verbale del 13 Novembre 2020.

1.2 SCOPO dell'INCARICO

L'art. 3 dello Schema di Contratto di Appalto, così recita

"1. Il contratto ha ad oggetto l'incarico professionale relativo ai servizi di cui in premessa e di seguito indicati:

- *Prestazioni principali*
 - *Progettazione di fattibilità tecnica ed economica comprensiva del documento di fattibilità delle alternative progettuali (articolo 3, comma 1, lettera ggggg-quater del D.Lgs. 50/2016) dell'intero compendio delle opere, che individui nel dettaglio i due stralci previsti:*
 - *(I° stralcio) "Intervento di ripristino del paramento di monte della diga principale e integrazione dello schermo di tenuta";*
 - *(II° stralcio) "Intervento di ripristino del paramento di monte della diga secondaria" ;*
 - *progettazione esecutiva e prestazioni inerenti la sicurezza in fase di progettazione, ex D. Lgs. 81/2008, per l' "Intervento di ripristino del paramento di monte della diga principale e integrazione dello schermo di tenuta" (I° stralcio)*
 - *progettazione esecutiva e prestazioni inerenti la sicurezza in fase di progettazione, ex D. Lgs. 81/2008, per l' "Intervento di ripristino del paramento di monte della diga secondaria" (II° stralcio)"*

Inoltre, come attività opzionale:

"Direzione dei lavori, assistenza al collaudo, prove di accettazione, contabilità dei lavori, prestazioni inerenti la sicurezza in fase di esecuzione, ex D. Lgs. 81/2008, dell' "Intervento di ripristino del paramento di monte della diga principale e integrazione dello schermo di tenuta" (I° stralcio);

Direzione dei lavori, assistenza al collaudo, prove di accettazione, contabilità dei lavori, coordinamento della sicurezza in esecuzione dell'Intervento di ripristino del paramento di monte della diga secondaria (II° stralcio)."

1.3 CONTENUTO del PRESENTE ELABORATO

Il presente elaborato, che fa parte dello studio di Fattibilità Tecnica – Economica, contiene le caratteristiche del campo prove necessario per la calibrazione dei parametri dell'intervento di iniezione previsto ad integrazione dello schermo esistente della diga principale di Medau Zirimilis.

Il progettista focalizza la descrizione dell'intervento e del relativo campo prove sull'alternativa denominata Bulbo di Iniezione, poiché ritiene essere la più efficace da un punto di vista realizzativo e l'unica compatibile con la finestra temporale di realizzazione dell'intervento.

Il rapporto è suddiviso nei seguenti capitoli:

- BULBO DI INIEZIONE

In questo capitolo sono descritte sinteticamente le caratteristiche del bulbo di iniezione.

- CAMPO PROVE

In questo capitolo sono descritte in dettaglio le caratteristiche del campo prove per la calibrazione delle iniezioni

2 BULBO di INIEZIONE

2.1 INTRODUZIONE

Le iniezioni integrative verranno eseguite sia dall'interno del cunicolo di ispezione che dal plinto a monte del cunicolo stesso, al fine di ottenere una zona trattata di maggior spessore (bulbo) profonda circa 20 m e con permeabilità pari a 1 UL ($1 \cdot 10^{-7}$ m/s). Questo intervento ha l'intento di ridurre i massimi gradienti di efflusso localizzati subito a valle del cunicolo.

2.2 SCHEMA di INTERVENTO

2.2.1 INTRODUZIONE

L'intervento è concepito per essere eseguito sia dal plinto a monte del cunicolo, ossia nella stessa posizione in cui è stato eseguito lo schermo esistente, sia dall'interno del cunicolo.

2.2.2 GEOMETRIA

Il bulbo è costituito da 5 file di iniezioni distanziate approssimativamente 80 cm e costituite da fori con interasse pari a 1.5 m e profondi 20 m dal piano campagna con l'eccezione della fila di monte che è lunga circa 15 m. I fori sono inclinati di 30 gradi verso le spalle, per meglio intercettare i giunti sub-verticali che attraversano l'ammasso. La fila di monte è anche inclinata verso monte.

Le figure seguenti forniscono una indicazione schematica, in sezione ed in planimetria, della disposizione dei fori di iniezione.

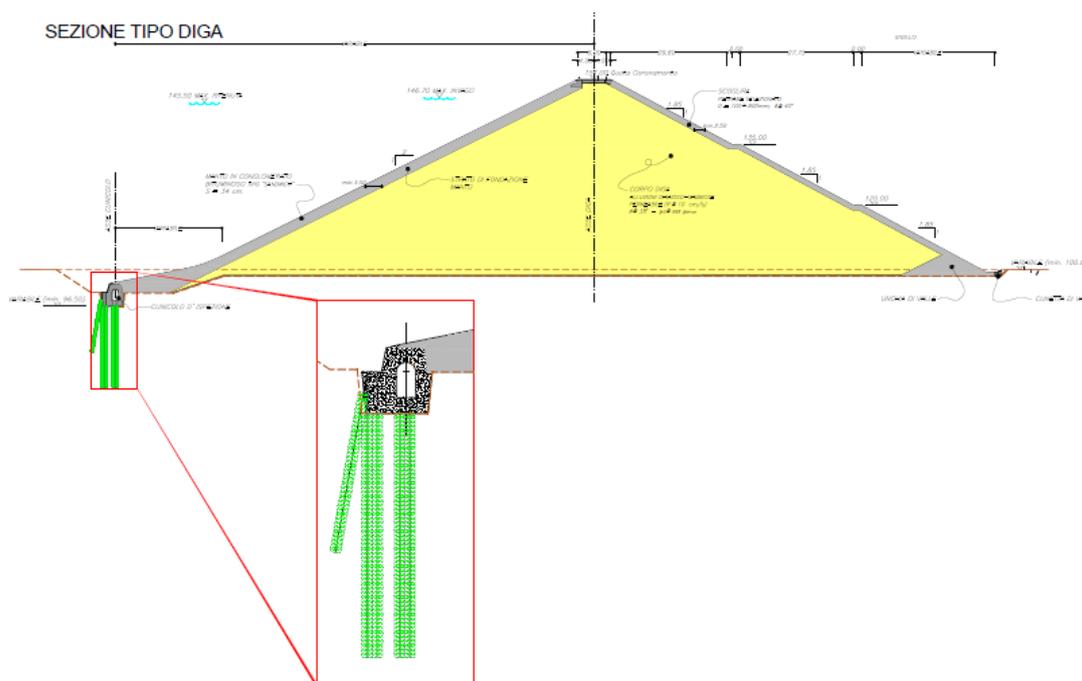


Figura 2.2.1: Geometria dell'intervento di "inspessimento" della cortina

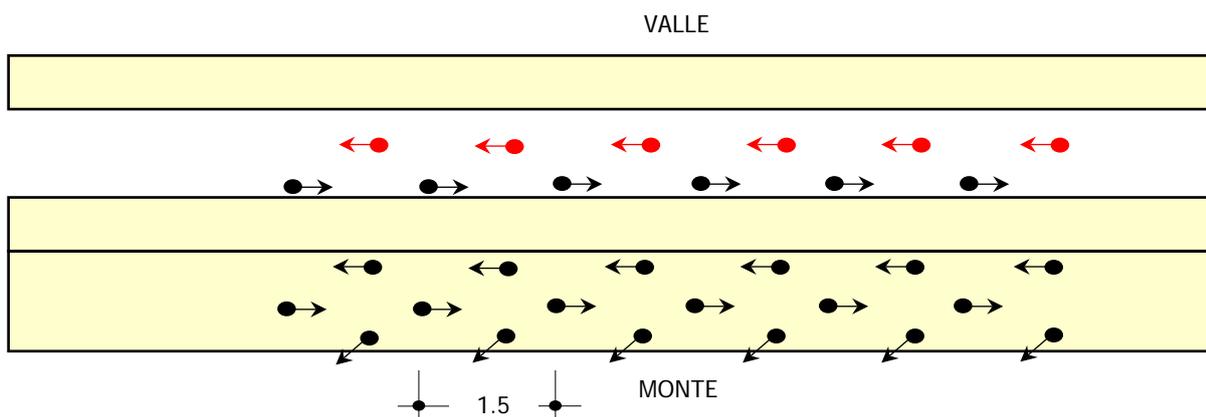


Figura 2.2.2: Pianta bulbo integrativo

2.2.3 SEQUENZA ESECUTIVA

La sequenza esecutiva prevede innanzitutto una fase di indagine durante la quale verranno eseguiti dei fori con recupero di carote e prove d'acqua tipo Lugeon per tratti di 5 m.

Si procederà quindi con la fase di iniezione a partire dalla fila di valle, all'interno del cunicolo, per spostarsi quindi a monte terminando con la fila inclinata verso monte.

Per ciascuna fila, le iniezioni saranno normalmente eseguite:

- In risalita, dal fondo della cortina verso il plinto a monte del cunicolo (iniezioni in discesa potranno essere eseguite nel caso di instabilità dei fori).
- Per tratti di lunghezza pari a 5 m
- Utilizzando il metodo dell'intercalazione successiva dei fori (split-spacing method).

Al termine delle iniezioni saranno eseguite prove d'acqua di controllo e saranno ri-perforati i drenaggi esistenti presenti all'interno del cunicolo.

L'iniezione della fila di valle, la prima ad essere eseguita secondo la sequenza esecutiva descritta sopra, sarà fatta utilizzando delle resine espandenti organo-minerali a presa rapida al fine di ridurre il possibile dilavamento della miscela cementizia iniettate nelle file di monte (come già sperimentato nelle iniezioni integrative eseguite sulle spalle della fondazione). Trattandosi di materiali bi-componenti l'iniezione dovrà essere condotta utilizzando due linee separate (pompe, tubi) con miscelazione dei componenti in foro attraverso miscelatore statico subito a monte del packer. L'iniezione avverrà, anche in questo caso, dall'alto verso il basso per tratti di 5 m di lunghezza.

Le restanti file del bulbo verranno eseguite utilizzando una miscela cementizia secondo la metodologia GIN.

3 CAMPO PROVE

3.1 INTRODUZIONE

Il campo prove verrà eseguito all'interno del cunicolo di ispezione e di fatto andrà a costituire una parte del bulbo di iniezione definitivo previsto tra i blocchi 8÷30 ovvero nell'intervallo di progressive 0-160÷0+100.

La lunghezza del campo prove dovrà essere di almeno 24m al fine di poter trattare l'ammasso per l'intera profondità del bulbo, e la sua posizione, lungo la cortina, verrà definita in cantiere in base a criteri di praticità quali per esempio accessibilità al cunicolo, posizionamento dell'impianto di miscelazione e pompaggio della miscela, ecc.. La metodologia di iniezione, le caratteristiche della miscela, i parametri di iniezione e la sequenza operativa, sono quelli previsti per l'intero bulbo di iniezione descritti in generale nel capitolo precedente.

3.2 GEOMETRIA

Come detto il campo prove sarà costituito da un tratto di cortina di almeno 24m ovvero costituito, per ciascuna fila, da seguenti fori sistematici:

- n. 2 Primari distanziati 12m
- n. 3 Secondari distanziati 12m
- n. 4 Terziari distanziati 6m
- n. 8 Quaternari distanziati 3m

in modo tale che la distanza minima tra i fori sia pari a 1.5m. A questi si aggiungono n.2 fori esplorativi e n.2 fori di controllo. I fori saranno inclinati 30° rispetto alla verticale verso le spalle (fila di valle verso spalla sinistra e fila di monte verso spalla destra) e saranno spinti in profondità fino a coprire la profondità di progetto del bulbo fissata a 20m misurati in verticale a partire dalla fondazione del cunicolo di ispezione.

In prima battuta verranno realizzati i fori Primari Esplorativi che devono essere perforati a recupero e testati mediante prove d'acqua in pressione tipo Lugeon in tratti di 5 m di lunghezza procedendo in discesa, e successivamente iniettati in risalita, salvo problemi di instabilità del foro. Le carote devono essere disposte in cassette catalogatrici adeguatamente predisposte e conservate. Le informazioni del carotaggio, la geologia rinvenuta lungo le carote, e i risultati delle prove d'acqua devono essere adeguatamente ordinati in un log del sondaggio. Successivamente si procederà all'esecuzione del pannello come previsto per il bulbo ovvero cominciando dalla fila di valle per poi passare alla fila di monte. Per ciascuna fila di procederà secondo la metodologia di intercalazione dei fori (split-spacing method) di seguito descritta:

- Esecuzione del foro Primario rimanente
- Esecuzione dei fori Secondari
- Esecuzione dei fori Terziari
- Esecuzione dei fori Quaternari

Una volta completate entrambe le file di fori, verranno eseguiti due fori di controllo collocati in pianta all'interno delle due file di cortina, inclinati 30° sulla verticale verso entrambe le spalle e spinti fino alla massima profondità del pannello di prova. I fori di controllo verranno perforati, testati con prove Lugeon e le carote conservate e loggate in maniera analoga a quanto fatto per i fori esplorativi. Infine, entrambi i fori verranno iniettati con la miscela cementizia utilizzata per l'iniezione dei fori di monte.

3.3 INIEZIONI di VALLE

3.3.1 INTRODUZIONE

In questo paragrafo vengono forniti i dettagli della metodologia esecutiva delle iniezioni della fila di valle e vengono forniti i parametri di iniezioni e le caratteristiche dei materiali da utilizzare.

Questa fila di fori dovrà essere completata prima dell'esecuzione delle iniezioni di monte, al fine di contenere il possibile dilavamento della miscela cementizia verso valle.

La figura nella pagina seguente mostra lo schema di iniezione lungo la fila di valle.

3.3.2 METODOLOGIA

Le iniezioni saranno condotte attraverso la metodologia "a rifiuto" con l'utilizzo di resine.

In particolare, si precede l'utilizzo di resine bicomponenti con l'aggiunta o meno di additivi per il controllo della penetrazione della miscela (per es. acceleranti). Le iniezioni proseguiranno fino a raggiungere un valore massimo di pressione o di volume iniettato. I fori verranno perforati per l'intera lunghezza e successivamente iniettati procedendo secondo la tecnica dell'intercalazione progressiva dei fori (*spit-spacing*).

Al fine di garantire la corretta esecuzione delle iniezioni, queste verranno eseguite utilizzando dei fasci di tubi metallici, uno per ciascun intervallo di foro da iniettare (tipicamente in acciaio del diametro pari a $De=12$ mm) filettati e connessi tra loro con manicotti ad alta pressione ed opportunamente fessurati per la fuoriuscita della resina.

I tratti di iniezioni, di lunghezza pari a 5 m, verranno isolati mediante sacchi otturatori.



Figura 3.3.1: Iniezioni con resine: pompe bi-componente e miscelatore statico



Figura 3.3.2: Iniezioni con resine: tubicini di iniezione



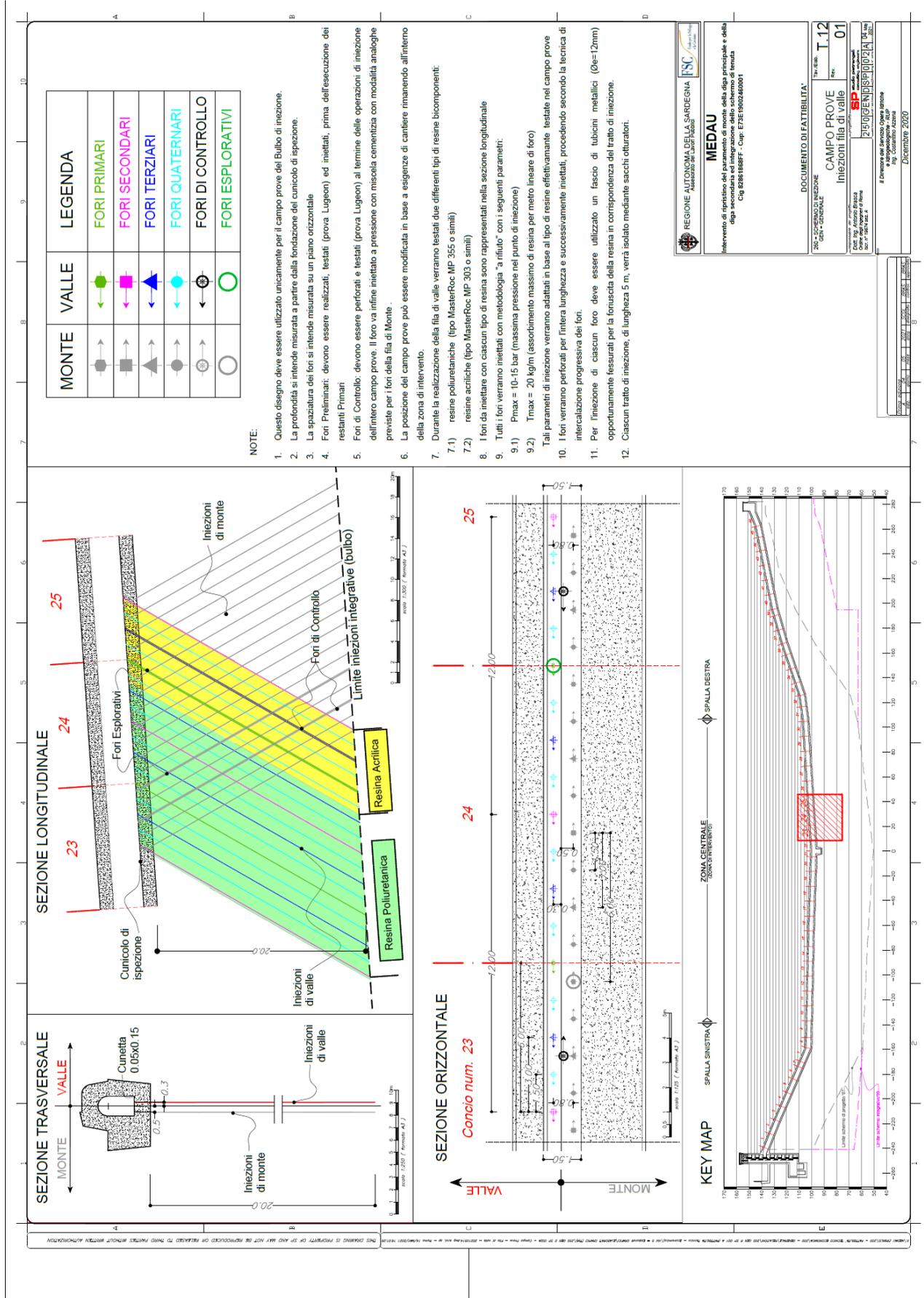


Figura 3.3.3: Campo Prove, fila di Valle

3.3.3 MISCELE di INIEZIONE

Per la cortina di monte si utilizzeranno resine di tipo "poliuretano" o di tipo "acrilico", entrambe bicomponente, che hanno, nel consolidamento delle rocce fratturate in presenza di acqua, il loro tipico campo di applicazione.

Le resine poliuretano bicomponenti (per es. MasterRoc MP 355 della BASF o simili) sono ottenute mescolando tipicamente due componenti attraverso un miscelatore statico con l'aggiunta di additivi per il controllo del tempo di reazione e della capacità di espansione volumetrica della schiuma.

Questa possibilità di modifica del prodotto iniettato rende le resine poliuretano particolarmente adattabili a diverse situazioni (per es. presenza di cavità) che potrebbero presentarsi durante le iniezioni.

Le resine acriliche bicomponenti (per es. MasterRoc MP 303 CE della BASF, o simili) sono dotate di bassa viscosità e quindi particolarmente adatte all'iniezione di ammassi rocciosi caratterizzati da discontinuità poco aperte. Anche in questo caso, il tempo di reazione può essere modulato mediante l'aggiunta di opportuni additivi. Rispetto alle resine poliuretano, le acriliche sono dotate di un minor fattore di rigonfiamento il che le rende poco adatte in presenza di stati fessurativi pronunciati o cavità nell'ammasso roccioso.

Entrambi i tipi di resine sono caratterizzate da una elevata durabilità nel tempo.

Il tipo di resina da utilizzare per l'esecuzione dell'intera cortina verrà scelto in base ai risultati del campo prove.

3.3.4 PARAMETRI di INIEZIONE

I parametri di iniezione (pressione e volume massimi) verranno definiti in base al tipo di resine testate nel campo prove ed ai risultati ottenuti. La pressione di iniezione alla pompa deve tener conto delle perdite di carico lungo la linea, in modo tale da ottenere una pressione massima nel punto di iniezione pari a circa 10-15 bar.

La quantità massima di materiale iniettato deve essere limitata allo stretto necessario per formare uno schermo continuo evitando inutili perdite in direzione monte-valle. Si deve tener conto anche di eventuali effetti negativi dovuti all'iniezione di grandi quantità di materiale, quali fenomeni di idrofratturazione dell'ammasso o eccessivo sviluppo di calore. In prima approssimazione il limite massimo è posto a 20 kg di resina per metro di foro iniettato.

3.3.5 MONITORAGGIO e REGISTRAZIONE DATI

I seguenti dati dovranno essere monitorati in tempo reale durante le fasi iniettive, in particolare:

- o Pressione/tempo [p/t]
- o Portata/tempo [q/t]
- o Volume iniettato/tempo [V/t]
- o Pressione/volume [p/V]

I dati dovranno essere registrati in continuo e visualizzati in tempo reale.

3.4 INIEZIONI di MONTE

3.4.1 INTRODUZIONE

In questo paragrafo vengono forniti i dettagli della metodologia esecutiva delle iniezioni della fila di monte e vengono forniti in dettaglio i parametri di iniezioni e le caratteristiche delle miscele da utilizzare.

3.4.2 METODOLOGIA

Le iniezioni saranno condotte attraverso la metodologia nota come GIN (*Grout Intensity Number*). Gli elementi chiave di questo metodo sono così riassunti:

- Utilizzo, per l'intero progetto, di una singola miscela di tipo "stabile" con l'aggiunta di fluidificanti e definita attraverso prove in laboratorio e in situ.
- Definizione dei parametri della curva GIN (Pressione massima, volume massimo, intensità di iniezione).
- Utilizzo della tecnica dell'intercalazione progressiva dei fori (*spit-spacing*).
- Controllo in tempo reale dei parametri di iniezione (pressione, portata, volume, penetrabilità) ed eventuale adattamento degli stessi.

Il completamento del processo di iniezione di un certo tratto di foro avviene normalmente con il verificarsi di una delle seguenti condizioni (vedi *Figura 3.4.1*) osservabili in tempo reale nel diagramma che mostra l'andamento dell'iniezione (*grouting path*) nel piano V/P ("volume cumulato" / "pressione"):

- A. Il percorso di iniezione interseca il segmento definito dal valore massimo di pressione (P_{max});
- B. Il percorso di iniezione interseca il segmento definito dal valore massimo di volume (V_{max});
- C. Il percorso di iniezione interseca la curva GIN di riferimento. In questo caso il processo di iniezione è proseguito (tratto C-C') governando pressione e portata di iniezione sin tanto che la penetrabilità non raggiunge un valore pressoché nullo.

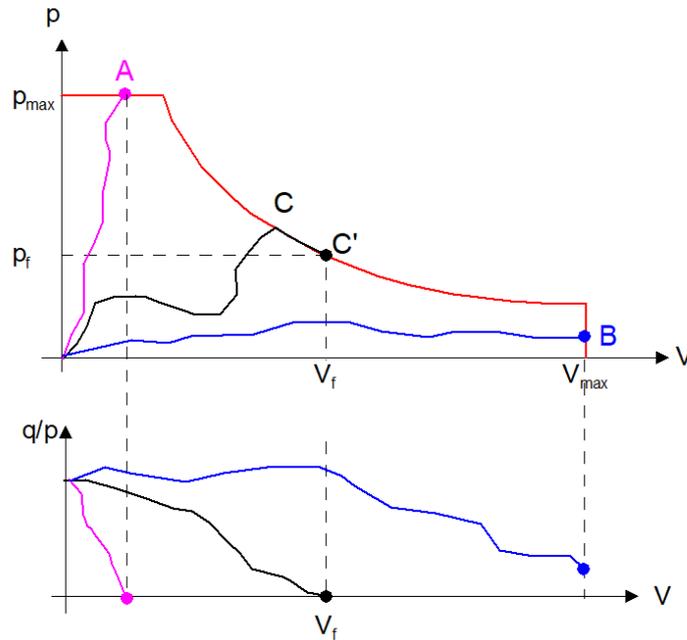


Figura 3.4.1: Percorsi di iniezione V-P (vol. cumulato-pressione) e V- q/p (vol. cumulato-penetrabilità)

Normalmente, durante il processo di iniezione, il volume di miscela iniettato nelle serie di fori successive tende a diminuire mentre le pressioni finali aumentano in maniera inversamente proporzionale. Questo è legato al fatto che i giunti con maggiore apertura sono iniettati per primi e per una maggior distanza.

In generale, una porzione di cortina è considerata completa (*closure criteria*) quando, nel relativo grafico GIN, i punti finali dei percorsi di iniezione si trovano nella porzione sinistra del segmento che definisce la pressione massima di iniezione ($V < 0.5 \cdot GIN / p_{max}$). In caso contrario sono generati fori aggiuntivi.

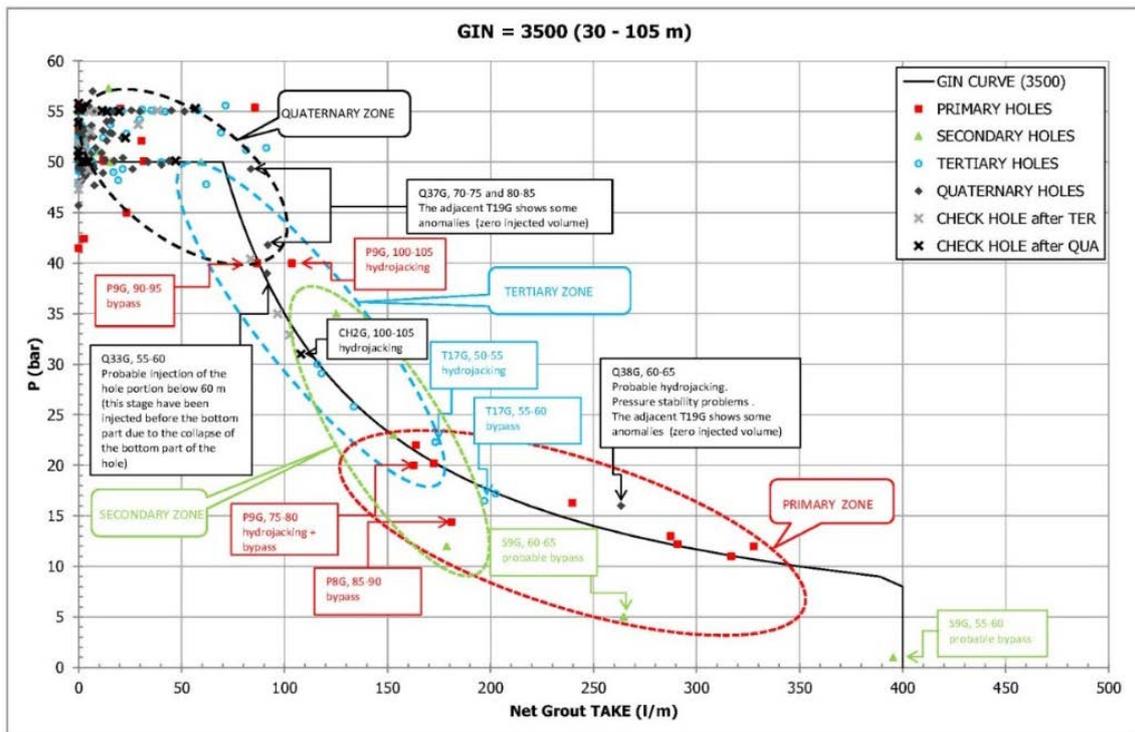


Figura 3.4.2: Gibe III (Etiopia), distribuzione dei punti finali di iniezione per serie di fori successive

La figura alla pagina seguente mostra lo schema di iniezione lungo la fila di monte.

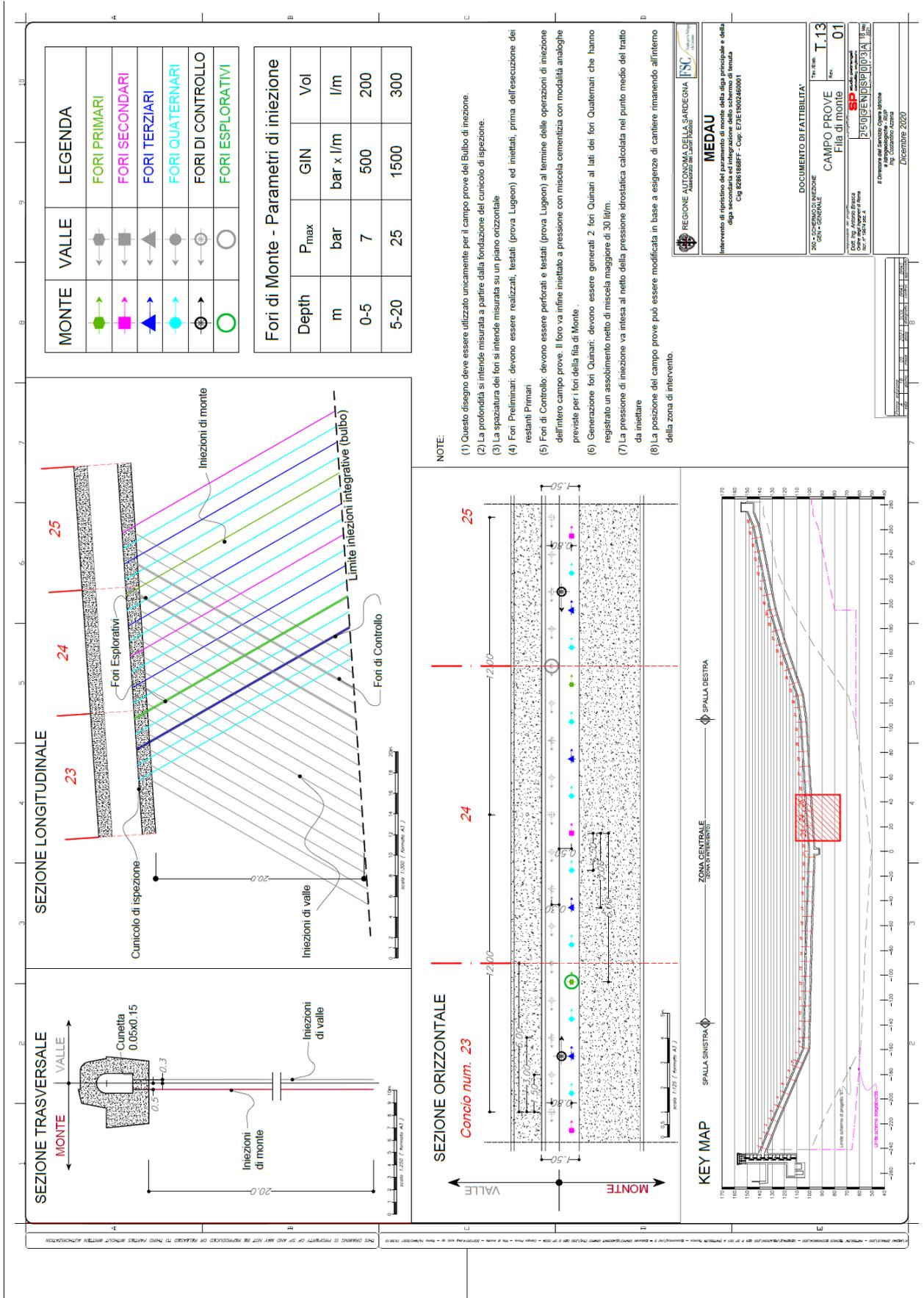


Figura 3.4.3: Campo Prove, fila di Monte

3.4.3 MISCELA

In accordo con il metodo GIN, le miscele devono avere le seguenti caratteristiche generali:

- o si utilizzerà una singola miscela per l'intero lavoro di integrazione dello schermo;
- o la miscela deve essere "stabile" e relativamente "spessa";
- o la miscela deve essere "fluidificata" per mezzo di un super-plastificante.

Inoltre, tenuto conto degli obiettivi specifici dell'intervento, ossia iniettare un ammasso roccioso di per se abbastanza impermeabile, sarà necessario far uso di miscele con un più alto grado di penetrabilità.

Per far ciò dovrà essere utilizzato un cemento ultrafine.

Più in dettaglio, le caratteristiche preliminari della miscela sono elencate di seguito:

- | | | |
|-----------------------|---------------------|-------------------------|
| • tipo di cemento | - | ultra-fine |
| finezza | cm ² /gr | > 8'000 |
| D100 | % | < 40 µm |
| D95 | % | < 12 µm |
| • A/C | - | 0.7-1.0 (in peso) |
| • Super-fluidificante | % | 1-3 in peso del cemento |
| • Densità | kg/lt | ~1.5 |
| • Bleeding 2h | % | < 2 |
| • Flow cone | sec | 32-34 |

È fondamentale, inoltre, che le miscele siano preparate utilizzando miscelatori colloidali ad elevata velocità (rpm > 1500) per consentire la diffusa e omogenea idratazione di tutte le particelle evitando la formazione di grumi che possano ostacolare la penetrazione della miscela nelle fessure più sottili.

3.4.4 PARAMETRI di INIEZIONE

I parametri iniziali da testare sono riportati di seguito (le profondità si intendono al sotto del piano di fondazione del cunicolo):

PROFONDITÀ	P_{max}	V_{max}	GIN
m	bar	L/m	bar · L/m
0-5	7	200	500
5-20	25	300	1500

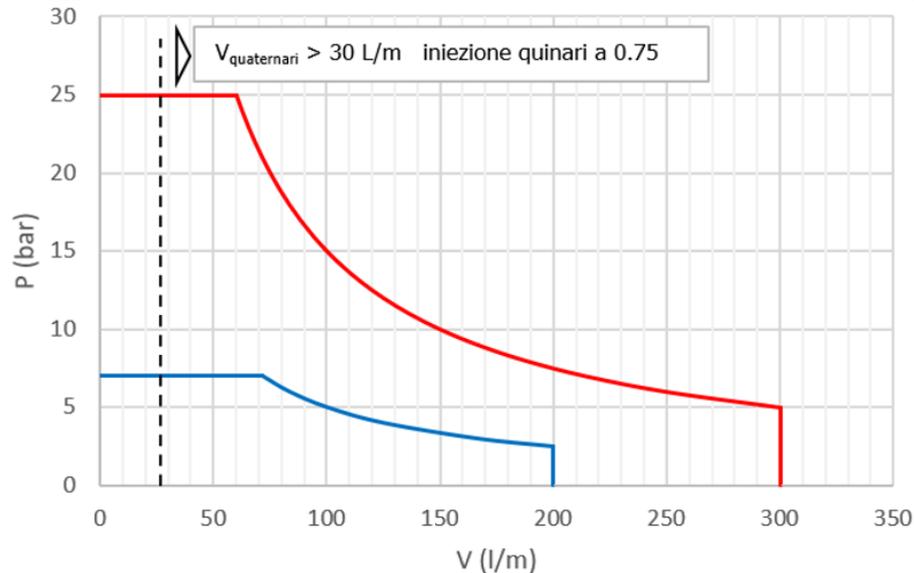


Figura 3.4.4: Parametri di iniezione

Nella stessa figura è indicato il criterio di generazione dei fori aggiuntivi: per ciascun foro della serie Quaternari per il quale è stato misurato un assorbimento netto di miscela superiore a 30 l/m, verranno perforati ed iniettati 2 fori aggiuntivi (detti Quinari) a 0.75 m di distanza, fino alla profondità dello stage che ha registrato l'assorbimento superiore a detto limite. La pressione deve intendersi al netto del carico idrostatico corrispondente alla profondità media del tratto di iniezione.

3.4.5 MONITORAGGIO e REGISTRAZIONE DATI

Una componente fondamentale del sistema di iniezione col metodo GIN è il monitoraggio in tempo reale dell'andamento delle iniezioni. Almeno i seguenti parametri dovranno essere monitorati:

- Pressione/tempo [p/t]
- Portata/tempo [q/t]
- Volume iniettato/tempo [V/t]
- Penetrabilità/tempo [(q/p)/t]
- Pressione/volume [p/V]

È richiesto l'utilizzo di strumenti per il monitoraggio in continuo in grado di registrare e visualizzare, in tempo reale, l'andamento dei suddetti parametri.

Un esempio di tali registrazioni è fornito nelle figure che seguono:

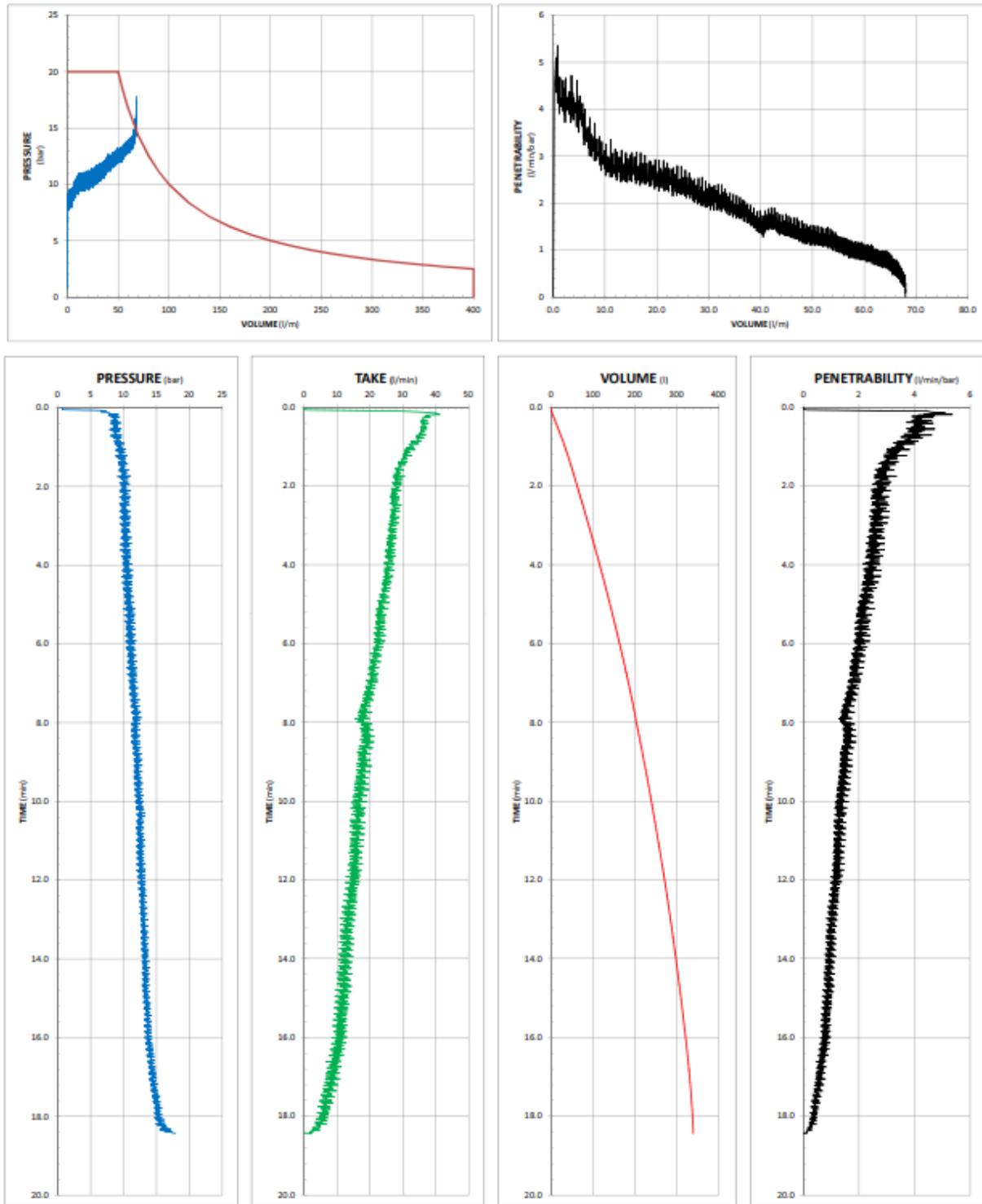


Figura 3.4.5: Registrazione dei parametri di iniezione

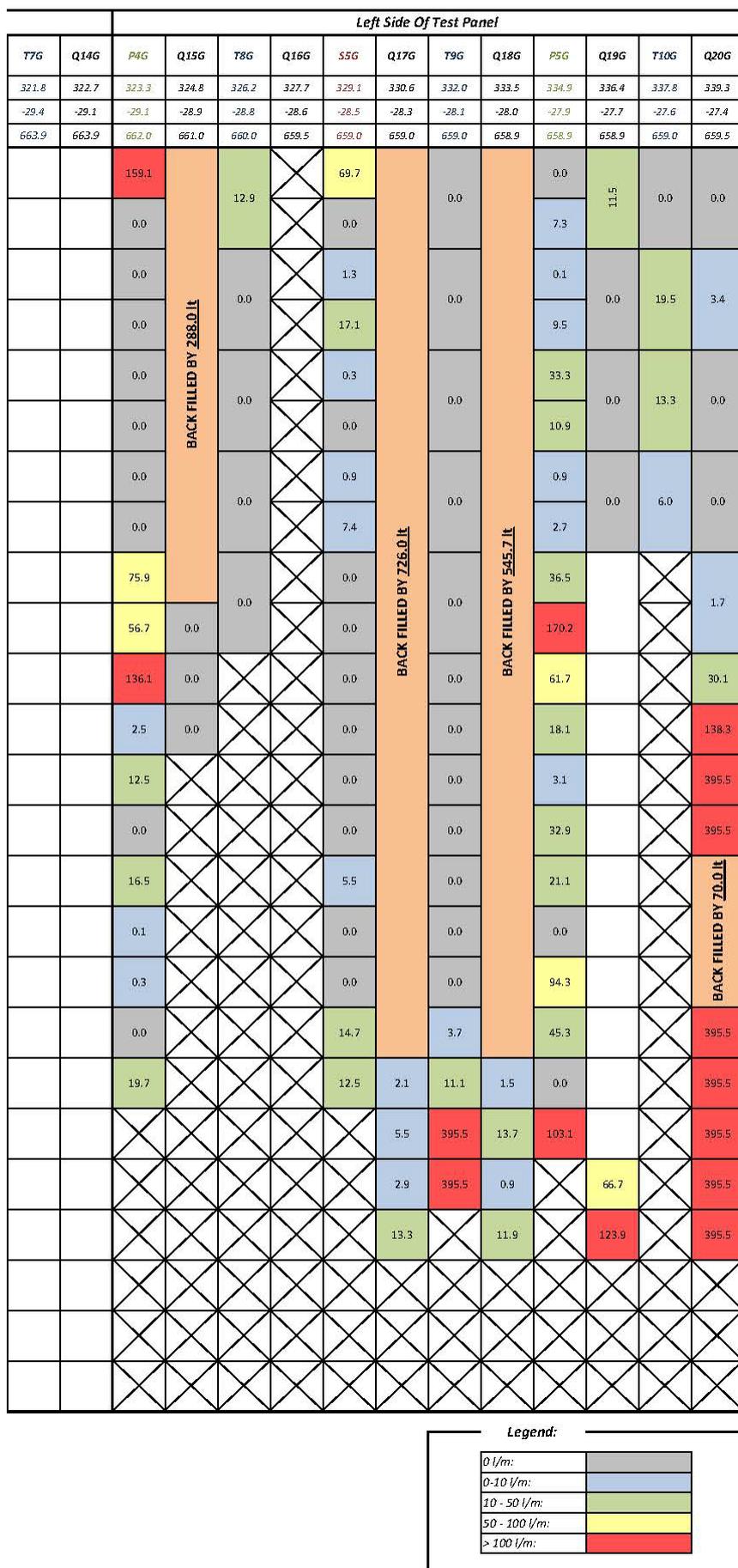


Figura 3.4.6: Rappresentazione schematica del volume iniettato

Tutti i dati registrati durante le iniezioni insieme con i risultati principali di assorbimento di miscela e le sue caratteristiche misurate in sito, devono essere raccolte ed organizzate in un unico documento, al quale vanno allegati i log stratigrafici dei fori esplorativi e di controllo con relative foto delle cassette catalogatrici e risultati delle prove d'acqua, al fine di fornire tutti gli elementi utili per la valutazione dell'efficacia delle iniezioni.