

COMMITTENTE:



DIREZIONE INVESTIMENTI  
DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI  
DIRETTRICE SUD - PROGETTO ADRIATICA

PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA  
S.O. COORDINAMENTO TERRITORIALE SUD.

PROGETTO ESECUTIVO

RIASSETTO NODO DI BARI

TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI C.LE E BARI TORRE A MARE

Opere oggetto di prescrizione della Delibera CIPE n. 1 del 28 gennaio 2015

Sottovia carrabile e ciclopedonale S. Anna

OPERE DI CONSOLIDAMENTO

RELAZIONE CAMPO PROVA INIEZIONI

SCALA:

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

I A 1 U 0 4 E 7 8 C L N V 0 1 0 0 4 1 4 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	INTEGRA	GIUGNO 2021	G. FIZIORELLA	GIUGNO 2021	G. DIMAGGIO	GIUGNO 2021	D. TIBERTI GIUGNO 2021

ITALFERR S.p.A.  
Gruppo Ferrovie dello Stato  
Direzione Investimenti  
UO Infrastrutture Sud  
Dott. Ing. Daniele Tiberti  
Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 10476

File:IA1U04E78CLNV0100414A.DOC

n. Elab.:

## INDICE

1	INTRODUZIONE .....	3
2	NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	4
2.1	NORMATIVE, RACCOMANDAZIONI, LINEE GUIDA .....	4
2.2	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO .....	4
3	CAMPO PROVA .....	5
3.1	FINALITÀ .....	5
3.2	UBICAZIONE E GEOMETRIA .....	5
3.3	INDAGINI GEOTECNICHE .....	8
3.4	METODOLOGIE DI INIEZIONE.....	9
3.4.1	<i>Fasi esecutive iniezione e parametri di controllo.....</i>	<i>9</i>
3.4.2	<i>Miscela cementizia .....</i>	<i>11</i>
3.4.3	<i>Controlli in fase di intervento.....</i>	<i>12</i>



RIASSETTO NODO DI BARI  
PROGETTO DEFINITIVO TRATTA A SUD DI BARI  
VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI C.LE E BARI TORRE A  
MARE

RELAZIONE CAMPO PROVA INIEZIONI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA1U	04	E 78 CL	NV 01 00 414	A	3 di 13

## 1 INTRODUZIONE

Nel presente documento sono illustrate le modalità esecutive del campo prova per le iniezioni di impermeabilizzazione della formazione rocciosa dei calcari di Bari, finalizzato alla realizzazione del sottovia S. Anna relativo alla variante di tracciato tra Bari Centrale e Bari Torre a Mare (opera prescritta dalla Delibera CIPE del 28 gennaio 2015).

Il campo prova delle iniezioni, propedeutico all'intervento di consolidamento e impermeabilizzazione dei terreni presenti in sito, è stato previsto per consentire di definire i parametri (pressioni, volumi e portate), le miscele e la maglia di iniezione più adeguati al tipo di terreno in sito.

Nel presente documento sono anche esposte le indagini geotecniche preliminari da fare prima dell'esecuzione del campo prova.



RIASSETTO NODO DI BARI  
PROGETTO DEFINITIVO TRATTA A SUD DI BARI  
VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI C.LE E BARI TORRE A  
MARE

RELAZIONE CAMPO PROVA INIEZIONI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA1U	04	E 78 CL	NV 01 00 414	A	4 di 13

## 2 NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 2.1 Normative, raccomandazioni, linee guida

- [N.1]. Decreto Ministeriale 14/01/2008 – Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni.
- [N.2]. Circolare 02/02/2009 C.S.LL.PP. - Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14/01/2008.
- [N.3]. Decreto Ministeriale LL.PP. 11/3/1988 - Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- [N.4]. Circolare LL.PP. 24/9/1988 n.30483 - L.2.2.1974, n.64 - art.1 - Istruzioni per l'applicazione del D.M. 11/3/1988.

### 2.2 Documentazione di riferimento

- [D1]. 2015 IA1T 03 D 69 RG GE0001 301 A – Tratta a sud di bari: variante di tracciato tra Bari centrale e Bari torre a mare. Opere oggetto di prescrizione della Delibera CIPE n. 1 del 28 gennaio. Progetto Definitivo. *Relazione geologica ed idrogeologica.*
- [D2]. IA4Y 00 D 78 GE GE0000 401 A – Tratta a sud di bari: variante di tracciato tra Bari centrale e Bari torre a mare Opere oggetto di prescrizione della Delibera CIPE n. 1 del 28 gennaio. Progetto Esecutivo – Sottovia carrabile e ciclopedonale Sant'Anna. Geotecnica – *Relazione geotecnica.*
- [D3]. IA4Y 00 D 78 F7 GE0000 401 A – Tratta a sud di bari: variante di tracciato tra Bari centrale e Bari torre a mare Opere oggetto di prescrizione della Delibera CIPE n. 1 del 28 gennaio Progetto Esecutivo – Sottovia carrabile e ciclopedonale Sant'Anna. Geotecnica – *Profilo geotecnico.*
- [D4]. IA1U 04 E 78 CL NV0100 413 A – Tratta a sud di bari: variante di tracciato tra Bari centrale e Bari torre a mare Opere oggetto di prescrizione della Delibera CIPE n. 1 del 28 gennaio. Progetto Esecutivo – Sottovia carrabile e ciclopedonale Sant'Anna. Opere di consolidamento – *Relazione di calcolo tampone di fondo.*
- [D5]. IA1U 04 E 78 PA OC0200 405 A – Tratta a sud di bari: variante di tracciato tra Bari centrale e Bari torre a mare Opere oggetto di prescrizione della Delibera CIPE n. 1 del 28 gennaio. Progetto Esecutivo – Sottovia carrabile e ciclopedonale Sant'Anna. Opere di consolidamento – *Planimetria di progetto e sezione longitudinale fase di varo.*
- [D6]. IA1U 04 E 78 PA NV0100 405 A – Tratta a sud di bari: variante di tracciato tra Bari centrale e Bari torre a mare Opere oggetto di prescrizione della Delibera CIPE n. 1 del 28 gennaio. Progetto Esecutivo – Sottovia carrabile e ciclopedonale Sant'Anna. Opere di consolidamento – *Planimetria di progetto e sezione longitudinale fase finale di scavo.*
- [D7]. IA1U 04 E 78 BZ NV0100 404 A – Tratta a sud di bari: variante di tracciato tra Bari centrale e Bari torre a mare Opere oggetto di prescrizione della Delibera CIPE n. 1 del 28 gennaio. Progetto Esecutivo – Sottovia carrabile e ciclopedonale Sant'Anna. Opere di consolidamento – *Sezioni trasversali tampone di fondo e particolari campo prova.*

### 3 CAMPO PROVA

#### 3.1 Finalità

Viene programmato il seguente campo prova al fine di individuare i volumi, la composizione delle miscele più idonee per i terreni in esame e valutare i risultati in termini di riduzione della permeabilità al variare della geometria della maglia delle iniezioni e dei parametri di iniezione.

In particolare nel campo prova in esame verrà valutata l'efficacia della tecnica di impermeabilizzazione per permeazione della Formazione dei Calcari di Bari.

#### 3.2 Ubicazione e geometria

L'ubicazione del campo prova è prevista in prossimità del sottovia da realizzare, nelle vicinanze del sondaggio S1 già realizzato.

Per ottimizzare l'intervento di iniezioni di progetto, quindi individuare le miscele cementizie di iniezione ed i parametri di iniezione (pressioni e volumi), si prevedono nel campo prova due rosette (A, B), ciascuna delle quali costituita da 7 fori di iniezione:

- Rosetta A: maglia di perforazioni triangolare equilatera con interasse tra i fori di 2.0 m;
- Rosetta B: maglia di perforazioni triangolare equilatera con interasse tra i fori di 1.5 m.

Le perforazioni saranno eseguite dal p.c. locale, a quota circa +5.6 m s.l.m. con lunghezza complessiva di 10.6 m, di cui i primi 4.6 m da p.c. non iniettati e per i restanti 6.0 m valvolati per iniezioni con sistema MPSP (Multiple Packer Sleeved Pipe).

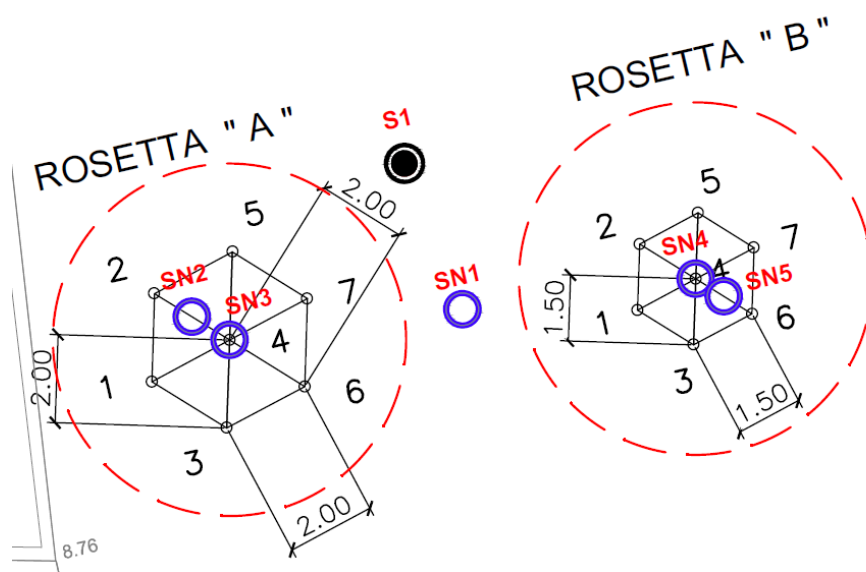


Figura 1 - Particolare rosette del campo prova

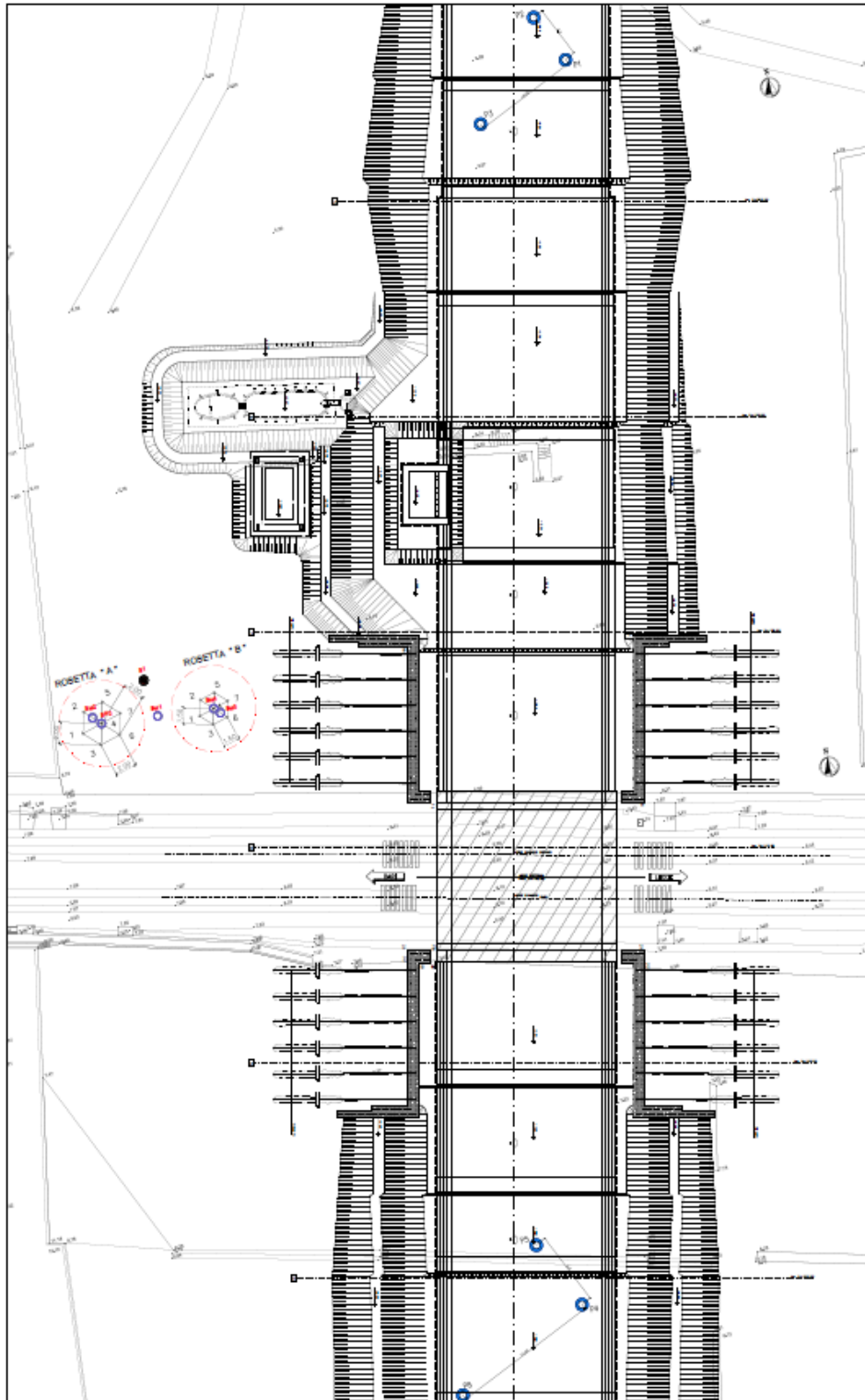
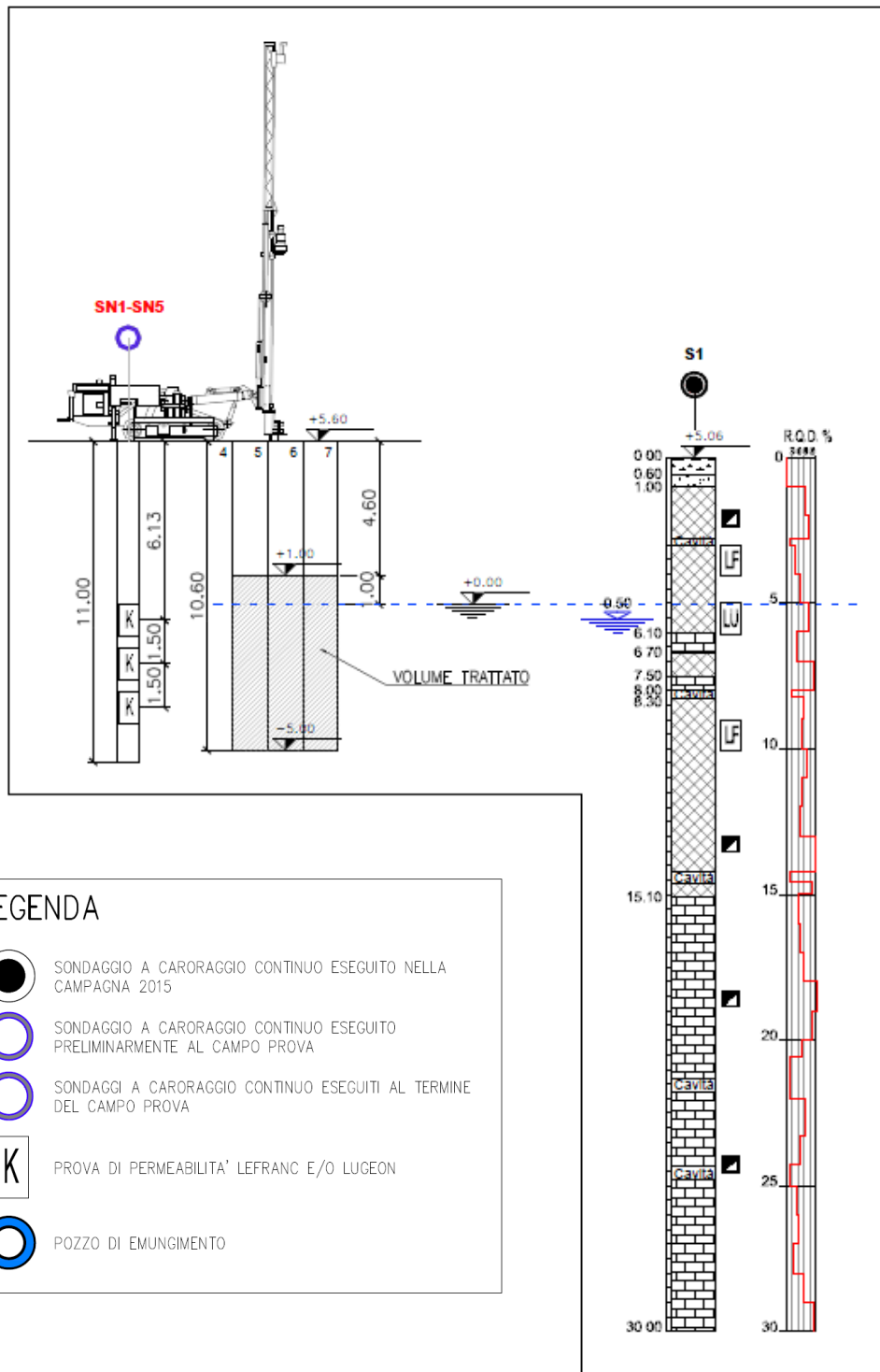


Figura 2 – Ubicazione campo prova e geometria

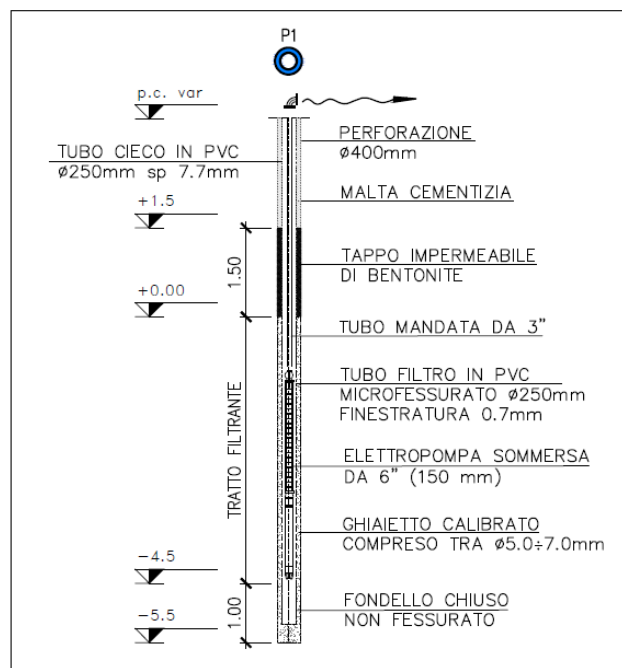


**Figura 3 – Sezione trasversale campo prova**

### 3.3 Indagini geotecniche

La realizzazione del campo prova sarà preceduta dall'esecuzione di un sondaggio a carotaggio continuo (ad esempio da ubicare tra le due rosette previste per il campo prova). All'interno del foro di sondaggio si prevedono 3 prove di permeabilità Lefranc e/o Lugeon alle profondità previste per le iniezioni del tampone di prova, ad una distanza di circa 1.50 m l'una dall'altra (vedasi Figura 1 e Figura 3).

Prima della realizzazione del campo prova saranno inoltre eseguite prove di pompaggio al fine di verificare le ipotesi progettuali. Quindi saranno eseguiti 3 pozzi lato mare e 3 pozzi lato monte ubicati indicativamente tra il concio 3 e 4 e tra il concio 13 e 14, come mostrato nell'elaborato grafico [D7]. I pozzi saranno eseguiti da p.c. con perforazione  $\phi$  400 mm, tubo in pvc  $\phi$  250 mm, base pozzo a quota -5.50 m s.l.m., con tratto finestrato tra le quote +0.00 e -5.50 m s.l.m. e attrezzati con pompa sommergibile. In Figura 4 è mostrato un dettaglio dei pozzi di emungimento.



**Figura 4 – Dettaglio pozzi di emungimento**

Dopo l'esecuzione delle iniezioni del campo prova, si prevedono le seguenti indagini geotecniche di verifica/controllo (vedasi Figura 1 e Figura 3):

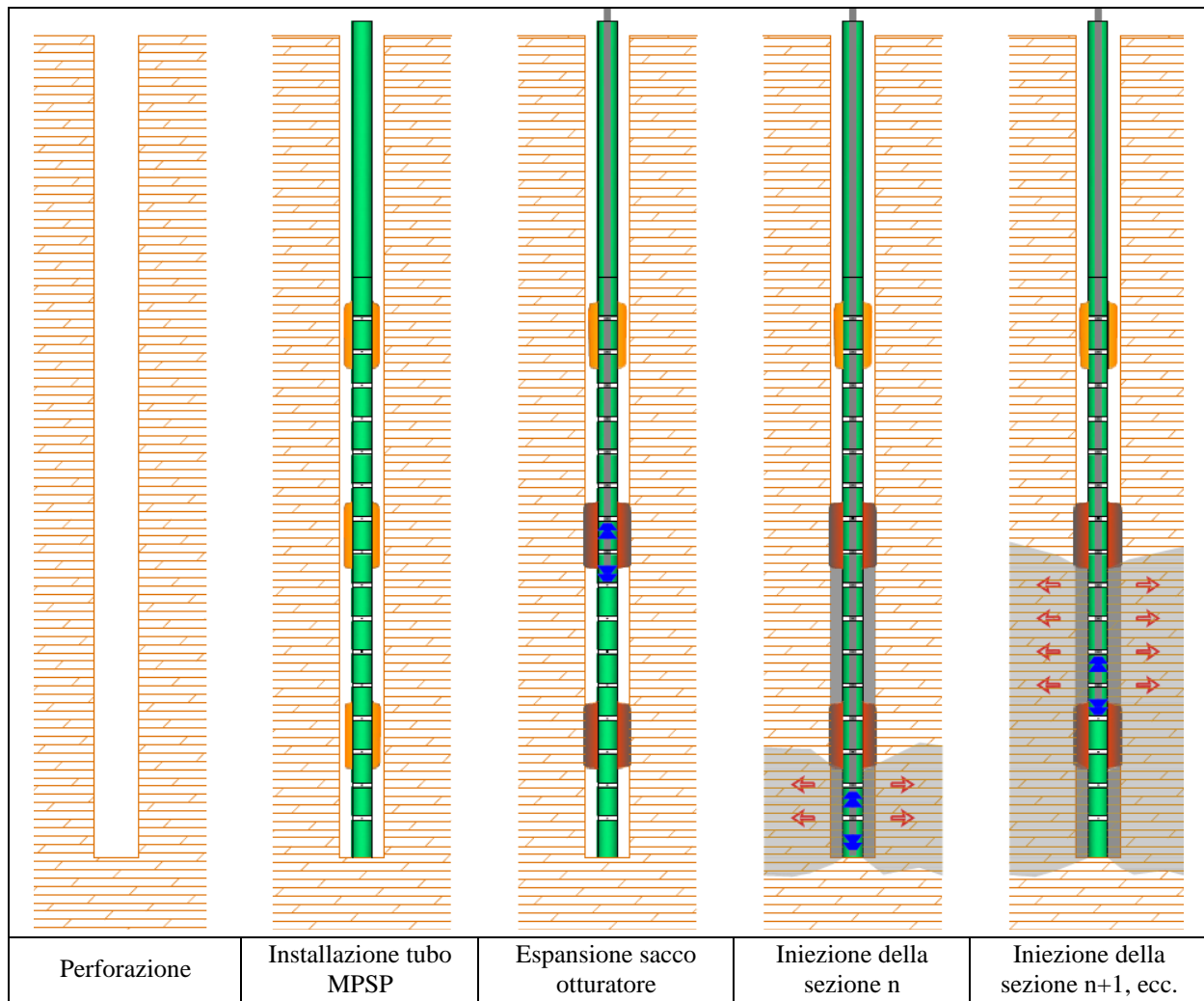
- 2 sondaggi a carotaggio continuo per ciascuna rosetta di prova A, B: uno da ubicare al centro della rosetta ed uno a metà dell'interasse dei fori.
- 3 prove di permeabilità Lefranc e/o Lugeon per ciascun sondaggio, alle medesime profondità di quelle eseguite nel sondaggio preliminare al campo prova, per valutare l'effetto dell'intervento.

Per la realizzazione dei sondaggi a carotaggio continuo, si dovranno utilizzare utensili idonei alla perforazione in roccia (preferibilmente campionatore T6S), anche al fine di poter verificare visivamente la malta di iniezione nelle fessure della roccia.



### 3.4 Metodologie di iniezione

Le iniezioni verranno eseguite in materiale lapideo, quindi il trattamento dovrà essere eseguito con iniezioni a foro scoperto, ovvero senza utilizzo di guaina. In particolare si prevede l'impiego del sistema MPSP (Multiple Packer Sleeved Pipe), la cui procedura è genericamente illustrata nella figura che segue:



**Figura 5 – Schema di esecuzione dell'iniezione con Sistema MPSP**

#### 3.4.1 Fasi esecutive iniezione e parametri di controllo

- FASE 1: Perforazione ed attrezzaggio dei fori, operando in maniera diffusa sull'intero campo prova. La perforazione sarà eseguita a rotazione diametro 100 mm, utilizzando l'acqua come fluido di perforazione ovvero mediante rotopercolazione ad aria.
- FASE 2: Inserimento del tubo di iniezione.



RIASSETTO NODO DI BARI  
**PROGETTO DEFINITIVO TRATTA A SUD DI BARI**  
**VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI C.LE E BARI TORRE A MARE**

RELAZIONE CAMPO PROVA INIEZIONI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA1U	04	E 78 CL	NV 01 00 414	A	10 di 13

Completata la perforazione alla quota di progetto di ciascun foro, verrà messa in opera la canna d'iniezione in PVC rinforzata diametro 1 1/2", con tratti ciechi e valvolati come riportato nella sezione tipologica di Figura 5. Il tubo di iniezione è attrezzato con valvole di iniezione a manchette disposte a passo non superiore a 0.50 m lungo il tratto da iniettare ed un sacco otturatore posizionato alla quota di testa iniezione. Nel caso in esame, in relazione agli spessori di tampone da realizzare, ed alle profondità, è necessario un solo sacco otturatore, che separerà il tratto non iniettato, da quello inferiore iniettato.

- FASE 3:

Prima di procedere alle operazioni di iniezione dovranno essere eseguite delle prove di valutazione delle perdite di carico di linea, in modo da poter definire il valore di pressione effettivamente utilizzata nel foro.

Posizionamento del doppio packer in corrispondenza della valvola coperta dal sacco otturatore a quota di testa trattamento.

Estrazione dell'eventuale rivestimento provvisorio, se presente, e simultanea iniezione del sacco otturatore mediante miscela cementizia (A/C=0.5) con pressione fino a 2 bar.

- FASE 4÷5: Iniezione della miscela cementizia.

Posizionamento del doppio packer sulla valvola inferiore ed esecuzione iniezione fino al raggiungimento dei target di volume e/o pressione stabiliti.

Ripetizione dell'operazione su ciascuna valvola procedendo dal basso verso l'alto.

Le miscele da utilizzare per il campo prova sono indicate al successivo capitolo; in questa fase progettuale si prospetta l'utilizzo della miscela principale (tipo A). La penetrabilità della miscela potrà essere migliorata con l'utilizzo di un apposito additivo riduttore della viscosità (miscela tipo B), che potrà essere testato in accordo con la DL e l'impresa specialistica incaricata.

L'iniezione verrà condotta secondo un criterio di volume e pressione controllati, con un volume  $V_p$  e con pressioni  $P_{min}$  e  $P_{max}$  predefiniti.

La pressione massima di iniezione è 12-20 bar, mentre la pressione minima 5-10 bar.

Il volume massimo iniettato è 500 l/m, che corrisponde mediamente a 250 l/valvola (per valvole poste ogni 0.50 m).

L'iniezione sarà arrestata al raggiungimento del primo in ordine cronologico tra  $V_p$  e  $P_{max}$ .

Qualora il volume fosse raggiunto senza che sia simultaneamente raggiunto il livello di pressione minima, si prevede di eseguire una seconda fase di iniezione con la medesima miscela, entro le 24 ore dalla prima passata e dopo una pausa di almeno 8-12 ore.

Si dovrà quindi porre particolare cura al lavaggio dei tubi di iniezione dopo la prima passata di iniezione.

Tale seconda fase di iniezione dovrà essere effettuata con le medesime modalità, ma considerando un volume massimo ridotto al 50% del valore nominale di progetto (250 l/m, mediamente 125 l/valvola).

Se al termine della seconda passata, la pressione di iniezione rimane sensibilmente inferiore a  $P_{min}$ , si prevede l'utilizzo della miscela espansiva (tipo C), idonea a confinare le dispersioni incontrollate di miscela.

- FASE 6: realizzazione delle indagini geotecniche e delle prove di permeabilità per la verifica del campo prova (indicate al paragrafo 3.3).



RIASSETTO NODO DI BARI  
PROGETTO DEFINITIVO TRATTA A SUD DI BARI  
VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI C.LE E BARI TORRE A  
MARE

RELAZIONE CAMPO PROVA INIEZIONI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA1U	04	E 78 CL	NV 01 00 414	A	11 di 13

Le iniezioni saranno eseguite nel rispetto dei seguenti criteri generali:

- progressione delle iniezioni per fori alterni (primari, secondari e terziari), iniziando ad operare a partire dall'esterno verso l'interno del trattamento;
- massima spaziatura possibile fra gli iniettori che operano contemporaneamente e rispetto di un tempo almeno pari a 24 ore tra l'iniezione di fori adiacenti;
- controllo e registrazione per ogni valvola iniettata di: portata di iniezione, pressione di iniezione (intermedia, finale) quantitativo iniettato;
- raggiungimento dei target prefissati di pressione e volumi di iniezione.

Questi valori di pressione limite e volume di iniezione saranno poi tarati in funzione dei dati via via acquisiti durante la sperimentazione.

### 3.4.2 Miscela cementizia

Per l'iniezione si prevede una miscela cementizia principale, denominata tipo A, con la seguente composizione (cemento classe 425 ordinario).

#### Miscela cementizia principale – tipo A:

- Rapporto cemento/acqua (C/A) =  $0.4 \div 0.7$
- Rapporto bentonite/acqua (B/A) =  $1 \div 3\%$
- Viscosità Marsch:  $35 \div 40''$ ;
- Bleeding:  $\leq 5\%$ .

Oltre alla miscela cementizia principale, si riporta la composizione di una miscela di iniezione a maggiorata penetrabilità, denominata tipo B, ottenuta diminuendo il rapporto cemento/acqua ed aumentando quello bentonite/acqua con aggiunta di un additivo riduttore della viscosità. Questa miscela potrà essere necessaria dove le caratteristiche idrogeologiche/geomeccaniche dell'ammasso siano tali da richiedere una riduzione della viscosità della miscela da iniettare.

#### Miscela cementizia di iniezione a maggiorata penetrabilità – tipo B:

- Cemento classe 425 microfine;
- Rapporto cemento/acqua (C/A) =  $0.4 \div 0.5$ ;
- Rapporto bentonite/acqua (B/A) =  $2 \div 3\%$ ;
- Additivo riduttore della viscosità (dosaggio in funzione del prodotto commerciale individuato);
- Viscosità Marsch:  $27 \div 30''$ ;
- Bleeding:  $\leq 5\%$ .

Inoltre viene indicata la composizione per una miscela cementizia di iniezione espansiva, denominata di tipo C, idonea al riempimento di eventuali fratture/vuoti carsici, la cui presenza può comportare la iniezione di volumi molto elevati di miscela tipo A senza raggiungere i valori di pressione desiderati.

	RIASSETTO NODO DI BARI <b>PROGETTO DEFINITIVO TRATTA A SUD DI BARI</b> <b>VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI C.LE E BARI TORRE A MARE</b>					
	RELAZIONE CAMPO PROVA INIEZIONI	COMMESSA <b>IA1U</b>	LOTTO 04	CODIFICA E 78 CL	DOCUMENTO NV 01 00 414	REV. A

La scelta della composizione e del tipo di miscela più idonee al caso in esame sarà fatta sulla base delle risultanze del campo prova.

#### **Miscela cementizia di iniezione espansiva – tipo C:**

- Cemento classe 425 ordinario;
- Rapporto cemento/acqua (C/A) = 0.7÷ 0.8;
- Bentonite con rapporto bentonite/acqua (B/A) = 2÷3%;
- Additivo espansivo (q.b. in funzione delle indicazioni del Produttore);
- Fattore di espansione finale: >=100%.

I rapporti ponderali sopra riportati sono da intendersi indicativi. L'esatta composizione della miscela dovrà essere decisa dall'impresa specialistica incaricata, in accordo con la D.L..

#### **3.4.3 Controlli in fase di intervento**

##### Controlli sui prodotti iniettati (miscele)

Le miscele dovranno essere frequentemente campionate e sottoposte a determinazioni di:

- viscosità Marsch;
- densità;
- bleeding.

##### Documentazione dell'iniezione

Per ogni verticale di iniezione dovrà essere compilata la scheda di iniezione, indicando:

- identificativo univoco,
- data di esecuzione (data di perforazione, data iniezione sacco otturatore, data iniezione in pressione delle valvole);
- quota piano di lavoro;
- stratigrafia qualitativa stimata durante la perforazione (eventuale intercettazione di cavità/vuoti);
- lunghezza della perforazione;
- lunghezza del tubo introdotto e sue caratteristiche (tratto valvolato, tratto cieco, posizione sacco otturatore, passo delle valvole, diametro, ecc.).

Per l'iniezione del sacco otturatore dovranno essere indicati:

- pressione massima;
- volume iniettato.



RIASSETTO NODO DI BARI  
**PROGETTO DEFINITIVO TRATTA A SUD DI BARI**  
**VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI C.LE E BARI TORRE A  
MARE**

RELAZIONE CAMPO PROVA INIEZIONI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA1U	04	E 78 CL	NV 01 00 414	A	13 di 13

Per ogni valvola iniettata dovranno essere indicati:

- numero passata;
- tipo di miscela utilizzata;
- pressione di apertura della valvola;
- pressione di iniezione massima raggiunta;
- pressione minima;
- volume iniettato.

Dovranno essere registrate le perdite di carico e dovrà essere presa nota di ogni anomalia ed ogni altra informazione idonea a verificare la corretta esecuzione.