

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. GALLERIE

PROGETTO PRELIMINARE L.O. N.443/01

**NUOVA LINEA TORINO LIONE
TRATTA NAZIONALE**

DOCUMENTO DI RISPOSTA ALLE RICHIESTE DEL MATTM
COMMISSIONE SPECIALE VIA (prot. CTVA-2011-0002183 del 09/06/2011)

Relazione tecnica di risposta al quesito n.11

SCALA:

-

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

D040 00 R 07 RH SA110X 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	A. Sciotti <i>A. Sciotti</i>	Dic. 2011	A. Sciotti <i>A. Sciotti</i>	Dic. 2011	M. Della Vedova <i>M. Della Vedova</i>	Dic. 2011	A. Pigorini Dic. 2011

ITALFER P.A.
U.O. GALLERIE
Dott. Ing. Andrea PIGORINI
Ordine Ingegneri di Roma
n. 16240

File: D040 00 R 07 RH SA110X 001A.doc

n. Elab.: 1



Questo progetto è cofinanziato dalla Comunità Europea

INDICE

1	PREMESSA	3
2	IL SOTTOATTRAVERSAMENTO DI CORSI D'ACQUA	4
2.1	<i>CASE HISTORIES</i> DI SOTTOATTRAVERSAMENTI DI CORSI D'ACQUA	4
3	LA GALLERIA DORA	8
3.1	L'ANALISI DI RISCHIO PER IL SOTTOATTRAVERSAMENTO DEI CORSI D'ACQUA	9
3.1.1	<i>Gli scenari di rischio</i>	10
3.1.2	<i>Le soluzioni progettuali per la mitigazione del rischio</i>	11
3.1.3	<i>La gestione del rischio in fase realizzativa</i>	14
3.1.4	<i>Considerazioni conclusive</i>	14

1 PREMESSA

Nella presente relazione è descritto il contesto geotecnico e sono illustrate le soluzioni progettuali previste per la Tratta Nazionale della Nuova Linea Torino-Lione (NLTL) con specifico riferimento alle zone di sottoattraversamento dei corsi d'acqua Dora Riparia e Stura di Lanzo.

2 IL SOTTOATTRAVERSAMENTO DI CORSI D'ACQUA

La necessità di dover realizzare opere infrastrutturali al di sotto dei corsi d'acqua è divenuta negli ultimi anni sempre più frequente, da una parte per l'esigenza di sfruttare sempre più gli spazi in sotterraneo al fine di ridurre l'impatto in superficie, dall'altra perché il progresso tecnologico e gli approcci progettuali più avanzati consentono di affrontare tale problematica con elevati livelli di sicurezza.

Moltissimi sono, infatti, gli esempi nella letteratura tecnica e scientifica internazionale di riusciti sottoattraversamenti di corsi d'acqua, a dimostrazione che molta strada è stata percorsa dai tempi della galleria sotto al fiume Tamigi, realizzata intorno al 1850 con l'impiego di uno dei primi scudi ad aria compressa e con lo scavo eseguito dalla manodopera che lavorava direttamente al fronte. Si riportano di seguito alcuni esempi significativi di gallerie scavate con basse coperture al di sotto di corsi d'acqua, simili per dimensioni di scavo e per caratteristiche dei terreni al caso delle gallerie della NLTL.

2.1 Case histories di sottoattraversamenti di corsi d'acqua

- Il tunnel Heinenoord, realizzato tra il 1996 e il 1998. È una galleria stradale, con configurazione a doppia canna, scavata con TBM scudata con fronte in pressione tipo Hydroshield attraverso terreni sabbiosi ed argillosi. Il corso d'acqua viene sottopassato con la copertura minima pari ad un diametro della galleria (8,60 m).

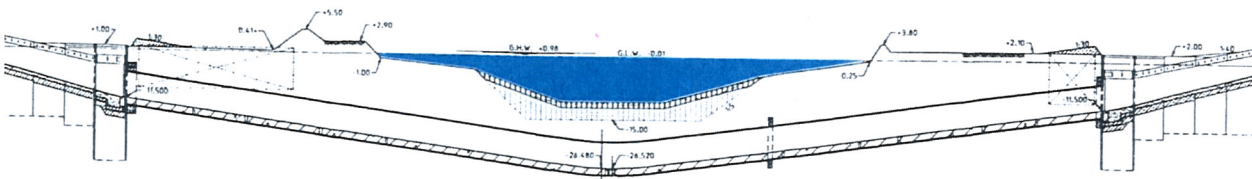


Figura 11-1. Il tunnel Heinernoord

- Il 4° tunnel dell'Elba, realizzato tra il 1997 e il 2000. È una galleria stradale di 14 m di diametro, scavata con TBM scudata con fronte in pressione tipo Hydroshield attraverso terreni sabbiosi, argillosi e ghiaiosi sottopassando il fiume con una copertura di 8m, circa metà del diametro di scavo.

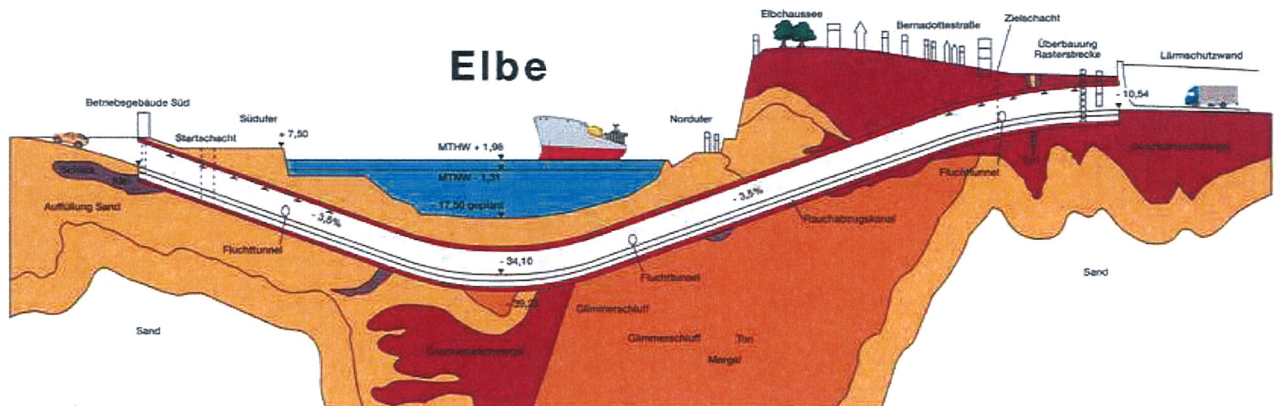


Figura 11-2. Il 4° tunnel sotto l'Elba

- Il Botlekspoor tunnel, realizzato tra il 1999 e il 2000. È una galleria ferroviaria, con configurazione a doppia canna, di 9,75 m di diametro, scavata con TBM scudata con fronte in pressione tipo EPB, attraverso terreni sabbiosi con una copertura di 7 m al di sotto del corso d'acqua.
- La galleria Changjiang in Cina è stata realizzata tra il 2006 e il 2008. È una galleria stradale, con configurazione a doppia canna, di circa 11 m di diametro, scavata con TBM scudata con fronte in

pressione tipo Slurryshield, attraverso terreni sabbiosi con una copertura minima di 10 m al di sotto del corso d'acqua.

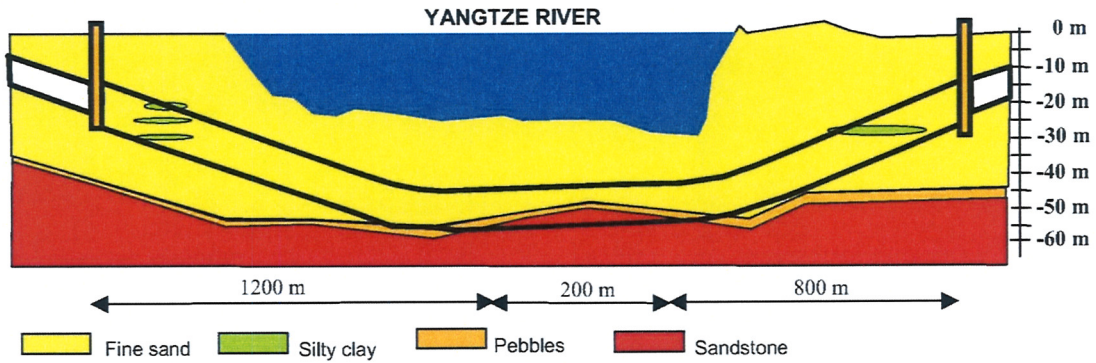


Figura 11-3. La galleria sotto il fiume Yangtze

Nella Tabella 1 è riportata una sintesi degli esempi più importanti dell'ultimo ventennio. Tutte le opere citate a titolo di esempio sono state realizzate in contesti geotecnici difficili, adottando il metodo di scavo meccanizzato, con l'impiego di una TBM (Tunnel Boring Machine) scudata e con fronte in pressione, tipo EPB (Earth Pressure Balance) o Slurryshield/Hydroshield.

Relazione tecnica di risposta al quesito n. 11

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
D040	00	R 07 RH	SA 11 0X 001	A	7 di 15

Tabella 1. Gallerie che sottoattraversano corsi d'acqua

Realizzazioni	Periodo costruz.	Tipologia galleria	Tipologia TBM	Terreni	Copertura
New St. Clair River Tunnel (Canada-USA)	1993 - 1995	Ferroviaria, 1 canna a singolo binario	1 EPB Ø 9,50 m	Alluvioni, argille	5 m
London's Jubilee Line Extension (GB)	1993 - 1998	Ferroviaria 2 canne affiancate a s.b. Lotto 102 Lotto 107 Lotto 110	Ø 8 m 2 Scudi aperti 2 HDS 3 EPB	Argille, sabbie, ghiaie	
Progetto Aqualine - Baia di Tokio (J)	1994 - 1996	Stradale, 2 canne affiancate a 1 Ø l'una dall'altra	8 Slurry Ø 14 m	Alluvioni marine, sabbie, argille	15 m
Heinenoordtunnel (N)	1996 - 1998	Stradale, 2 canne affiancate	1 HS Ø 8,60 m	Sabbie, argille	1 Ø
Westerscheldetunnel (N)	1999 - 2002	Stradale, 2 canne affiancate a 12 m l'una dall'altra	1 HS Ø 11,34 m	Sabbie, argille	1,5 Ø m
4° Tunnel dell'Elba (G)	1997 - 2000	Stradale, 1 canna	1 HS Ø 14 m	Sabbie, ghiaie, argille	8 m
Wesertunnel (G)	1999 - 2003	Stradale, 2 canne affiancate a 11,30 m l'una dall'altra	1 HS Ø 11,67 m	Sabbie, argille, marne	10 m
Botlekspoortunnel (N)	1999 - 2000	Ferroviaria 2 canne a s.b. affiancate a 10 m l'una dall'altra	1 EPB/HS Ø 9,76 m	Argille, sabbie grossolane	7 m
Herrentunnel (G)	2001 - 2005	Stradale, 2 canne affiancate	1 HS Ø 11,70	Sabbie, limi, morene	1 Ø
Colleg. Shanghai Chongming sotto il fiume Yangtze (Cina)	2006 - 2008	Stradale, 2 canne affiancate	2 HS Ø 15,43 m	Sabbie, argille e rocce fratturate	65 m (rispetto al pelo libero dell'acqua)
Galleria Changjiang, città di Wuhan sotto il fiume Yangtze (Cina)	2006-2008	Stradale, 2 canne affiancate	Slurry Ø 11,38 m	Sabbie fini, limi e argille	20 m
Münstertunnel Sottoattraversamento dell'Inn (A)	2007 - 2009	Ferroviaria, 1 canna a d.b.	1 HS Ø 13 m	Sabbie, limi, argille	14 m
Nanchino sotto il fiume Yangtze (Cina)	2008 - 2009	Stradale, 2 canne affiancate	2 HS Ø 14,93 m	Limi, sabbie, argille, ghiaie	30 m
Tunnel Shiziyang sotto il fiume Zhujiang (Pearl) (Cina)	2008 - in fase realizz..	Ferroviaria AV, 2 canne affiancate	4 Slurry Ø 11,10 m	Alluvioni, ghiaie, sabbie	
Prolung. metropolitana B Lione tratta Gerland-Oullins sotto il Rodano (F)	2010 - 2011	Metropolitana, 1 canna a d.b.	1 HS Ø 9,5 m	Alluvioni del Rodano, molassa	16 m
Tunnel sotto il fiume Guadalquivir (S)	Inizio per il 2012	Stradale, 2 canne affiancate	2 EPB Ø 14 m	Sabbie, sabbie grossolane, argille	16 m

3 LA GALLERIA DORA

Il tracciato della Nuova Linea Torino-Lione- tratta nazionale (NLTL) nella sottotratta Orbassano-Settimo Torinese si sviluppa quasi interamente in sotterraneo con la galleria naturale Dora. Dopo lo scalo di Orbassano, all'altezza di bivio Pronda, la linea ferroviaria sottopassa una zona densamente urbanizzata della città di Torino, (Corso Marche), supera in sotterraneo il fiume Dora Riparia e il torrente Stura di Lanzo, in gran parte collocandosi sotto la Tangenziale Nord fino all'innesto in superficie con la linea AV/AC Torino-Milano in prossimità di Settimo Torinese (Fig.11-4 e Fig.11-5).

La galleria Dora si sviluppa pressoché lungo tutto il tracciato sotto coperture (distanza tra la calotta della galleria e il piano campagna) intorno ai 30 m, fatta eccezione ovviamente per le zone di imbocco. I criteri e gli studi che hanno condotto alla scelta di tale profilo altimetrico sono sintetizzati e commentati nella risposta al quesito 1, a cui si rimanda per completezza (cfr. elaborato D04000R07RH SA010X001A) Con tale soluzione altimetrica del tracciato si riesce a contemperare le esigenze di minimizzare l'interazione con l'acquifero profondo e l'interazione con le interferenze presenti in superficie ed in sotterraneo, tra le quali rientrano anche i corsi d'acqua Dora Riparia e Stura di Lanzo. Sulla base delle informazioni ad oggi disponibili, la galleria Dora sottopassa il fiume Dora ed il torrente Stura di Lanzo con coperture minime comprese tra i 10 e i 15 m (Figg.11-4 -11-5).

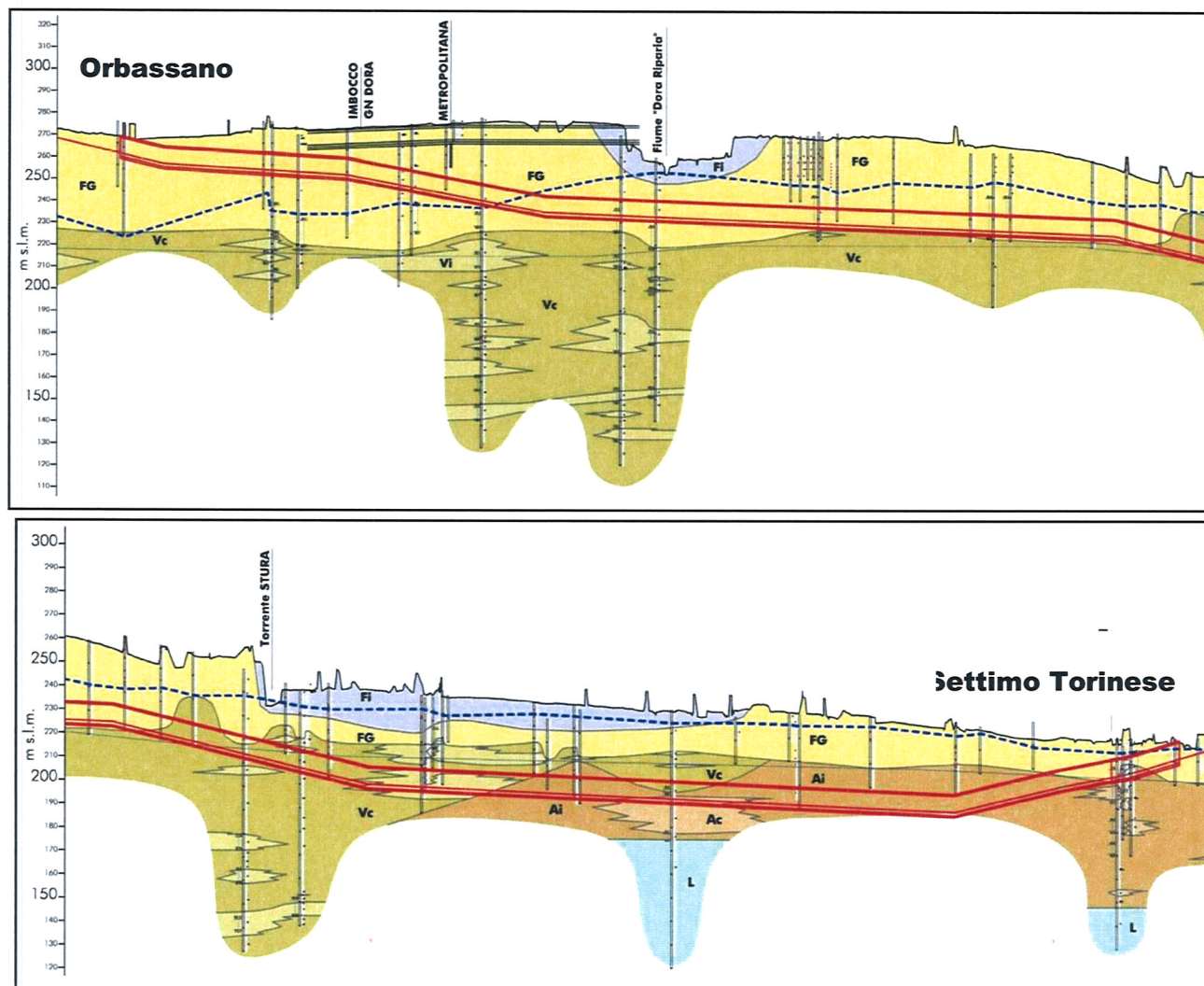


Figura 11-5. Il tracciato della galleria Dora: sottoattraversamento del torrente Stura di Lanzo.

3.1 L'analisi di rischio per il sottoattraversamento dei corsi d'acqua

Dal punto di vista della progettazione geotecnica delle opere in sotterraneo, il sottoattraversamento di un corso d'acqua viene considerato ed esaminato quale elemento di potenziale criticità, da gestire nell'ambito di un approccio di *risk assessment* (analisi di rischio).

L'applicazione di tale approccio si sviluppa in tre fasi principali:

1. Individuazione delle criticità e degli scenari di rischio,
2. Individuazione e progettazione delle soluzioni e degli interventi per la mitigazione del rischio,
3. Definizione del programma di gestione del rischio in fase realizzativa.

3.1.1 Gli scenari di rischio

L'individuazione delle criticità, e dei conseguenti scenari di rischio, si fonda sullo studio geologico ed idrogeologico, che descrive in un modello geologico di dettaglio le caratteristiche litologiche, stratigrafiche ed idrogeologiche delle formazioni di interesse. Questo studio sulla base dei dati oggi disponibili ha consentito di evidenziare gli elementi di maggiore rilevanza per la definizione degli scenari di rischio, come illustrato nella Relazione Geologica a cui si rimanda per completezza (cfr. elaborato D04000R69RHS110X001A).

Per il sottoattraversamento del fiume Dora Riparia, la sezione geologica che interseca trasversalmente il tracciato della galleria Dora evidenzia che lo scavo delle due canne interessa i depositi fluvio-glaciali presenti per una decina di metri circa anche al di sopra della calotta delle gallerie. Al di sopra dei depositi fluvio-glaciali, i terreni alluvionali hanno uno spessore di circa 10 m. Il carico idraulico sulla calotta delle gallerie è di circa 15 m (cfr. elaborato D040 00 R69 LZ SA110X 002A).

Per il sottoattraversamento del torrente Stura di Lanzo, la sezione geologica che interseca trasversalmente il tracciato della galleria Dora evidenzia che lo scavo delle due canne interessa i terreni del Villafranchiano, prevalentemente la facies coesiva, tuttavia sono frequenti le interdigitazioni con livelli più grossolani a comportamento incoerente. I depositi del Villafranchiano per circa 6 m sono presenti anche al di sopra della calotta delle gallerie. Tra i depositi fluviali e i terreni del Villafranchiano si interpongono, con uno spessore di pochi metri, i depositi fluvio-glaciali. Il carico idraulico è di circa 20 m sulla calotta della galleria (cfr. elaborato D040 00 R69 LZ SA110X 001A).

Le caratteristiche di permeabilità dei terreni interessati dallo scavo della galleria Dora sono illustrate nella relazione geologica del Progetto Preliminare 2011; si riporta la sintesi dei risultati delle prove eseguite nella fase di progettazione preliminare e si rimanda alla Relazione Geologica di PP per maggiori dettagli.

Unità geologica di riferimento	K (m/sec)
Depositi fluviali incoerenti	8.1E-05
Depositi fluvio glaciali	2.5E-05
Depositi fluvio glaciali cementati	4.9E-06
Villafranchiano incoerente	6.5E-06
Villafranchiano coesivo	8.6E-07

Per il sottoattraversamento di entrambi i corsi d'acqua, quindi, le criticità geotecniche sono rappresentate da:

- basse coperture,
- scavo in terreni sotto falda,
- permeabilità mediamente elevate dei terreni al contorno della galleria (per la sezione del fiume Dora Riparia),
- variazioni impreviste della permeabilità dei terreni alla quota della galleria (per la sezione del torrente Stura di Lanzo).

I conseguenti scenari di rischio sono rappresentati da:

- instabilità del fronte di scavo con propagazione del collasso verso la superficie ("fornelli"),
- afflussi non controllati di acqua e/o forze di filtrazione con trasporto di materiale fino.

3.1.2 Le soluzioni progettuali per la mitigazione del rischio

Nel caso in questione, l'analisi degli scenari di rischio evidenziati dallo studio geologico e geotecnico ha individuato nella scelta dello scavo meccanizzato la strategia più idonea per affrontare e minimizzare, tra gli altri, anche il rischio connesso al sottoattraversamento dei corsi d'acqua.

Lo scavo della galleria Dora, come descritto nel progetto preliminare a cui si rimanda per completezza, è previsto con metodo meccanizzato, tramite fresa (TBM, Tunnel Boring Machine) scudata e con fronte in pressione. Le TBM di questa categoria sono di due tipi: Slurryshield/Hydroshield (SS/HS) e Earth Pressure Balance Shield (EPB). Il principio di funzionamento di tali macchine di scavo è basato sull'applicazione di una contropressione su fronte di scavo, in grado di equilibrare la spinta del terreno e le pressioni dell'acqua interstiziale, al procedere dello scavo stesso. Con tali tipi di macchine viene installato su tutto il contorno di scavo un rivestimento impermeabile, costituito da anelli in conci prefabbricati dotati di guarnizioni a perfetta tenuta idraulica. Tale sistema di scavo consente di attraversare contesti geotecnici caratterizzati da elevati carichi idraulici, garantendo, anche in esercizio, le prestazioni del rivestimento definitivo in termini di impermeabilità.

Per la descrizione del principio di funzionamento delle TBM con fronte in pressione e per i dettagli del sistema di realizzazione delle gallerie si rimanda agli elaborati del Progetto Preliminare 2011 e alla risposta al quesito n.1.

Come illustrato negli esempi riportati nel paragrafo 2.1, il sottoattraversamento di corsi d'acqua è nella generalità dei casi affrontato facendo ricorso al metodo di scavo meccanizzato, con macchine scudate con fronte in pressione (tipo EPB o Hydroshield). Tale sistema di scavo consente, infatti, di controllare efficacemente durante lo scavo i seguenti fenomeni:

- instabilità del terreno sul fronte di scavo e in superficie,
- deformazioni e spostamenti del terreno al piano campagna,
- moti di filtrazione dell'acqua interstiziale dal terreno verso la macchina di scavo che possono produrre variazione del regime delle pressioni interstiziali o drenaggio di acquiferi.

Per conseguire i risultati sopra detti, lo scavo della galleria deve essere eseguito secondo una corretta procedura d'avanzamento che si fonda sul controllo costante dei seguenti tre elementi:

- mantenimento della contropressione di equilibrio al fronte secondo i valori di progetto per controllare fenomeni di instabilità, deformazioni del terreno, moti di filtrazione e drenaggio,
- corretto intasamento a tergo dei conci di rivestimento, per garantire da assestamenti dei conci e da infiltrazioni di acqua,
- terreno estratto non superiore al volume teorico di scavo per controllare eventuali sovrascavi

I parametri operativi principali che consentono di effettuare il controllo degli elementi sopra elencati sono:

- la pressione nella camera di scavo,
- volume e pressione della malta di intasamento,
- peso del materiale estratto.

Per ciascuno di questi parametri in fase realizzativa vengono definiti i valori soglia, il cui raggiungimento segnala lo scostamento rispetto alla corretta procedura di avanzamento e la necessità di intervenire con misure correttive. Il controllo dei parametri operativi in fase realizzativa è garantito da un sistema di monitoraggio, progettato in modo da poter acquisire e analizzare i dati in tempo reale e agire tempestivamente per riportare la condotta di scavo nella condizione di normalità.

Con riferimento agli scenari di rischio evidenziati per le sezioni di sottoattraversamento dei corsi d'acqua, il monitoraggio dei parametri operativi dello scavo sarà integrato con un sistema di monitoraggio geotecnico ed idraulico, esteso a tutta l'area potenzialmente interessata dagli effetti dello scavo. Il programma di monitoraggio geotecnico prevede:

- la misura dei livelli piezometrici nel terreno per controllare eventuali variazioni nel regime delle pressioni interstiziali,
- la misura degli spostamenti nel terreno al contorno del cavo e in superficie,
- il controllo della qualità delle acque.

Anche per il monitoraggio geotecnico saranno definiti valori di soglia, che segnalino, in questo caso, una variazione delle preesistenti condizioni di equilibrio: al raggiungimento di tali valori saranno adottati gli interventi e le misure correttive previste in progetto e facenti parte del protocollo di avanzamento.

Dato il particolare contesto attraversato, nella procedura di avanzamento che regola la condotta di scavo saranno definite anche le procedure speciali per situazioni che richiedano il fermo macchina (es. per manutenzione della testa fresante), per continuare a garantire i requisiti di stabilità del fronte e di drenaggio impedito.

3.1.3 La gestione del rischio in fase realizzativa

Come descritto nel paragrafo precedente, il metodo di scavo meccanizzato, attraverso la definizione di una dettagliata procedura di avanzamento, il controllo costante della corretta condotta di scavo e della condizioni al contorno, e la predisposizione di interventi correttivi da applicare al superamento di soglie dei parametri di controllo, si configura come “azione di mitigazione primaria” dei rischi connessi al sottoattraversamento dei corsi d’acqua, agendo nella direzione di riduzione della probabilità di occorrenza dell’evento temuto.

Tale soluzione progettuale si rivela efficace anche per far fronte ad eventi imprevisti che dovessero presentarsi in fase realizzativa. Lo scavo meccanizzato consente, infatti, di intervenire tempestivamente, non appena il sistema di monitoraggio evidenzia qualche anomalia, garantendo con interventi di emergenza la stabilità del fronte e il drenaggio impedito, per consentire di applicare in sicurezza eventuali interventi di mitigazione.

Elemento saliente della gestione del rischio residuo in fase realizzativa è il sistema di monitoraggio, che sarà progettato in modo tale da conferirgli caratteri di completezza, affidabilità e tempestività nell’acquisizione e nella trasmissione dei dati; dal monitoraggio dipende, infatti, la possibilità di tenere sotto controllo i livelli di rischio, di identificare eventuali rischi imprevisti in tempo utile per poter applicarne e calibrare gli eventuali interventi di mitigazione previsti in progetto.

3.1.4 Considerazioni conclusive

Considerato il contesto geologico e geotecnico attraversato e le soluzioni progettuali previste, basate sull’innovazione tecnologica e su un sistema di monitoraggio integrato, si può concludere che il sottoattraversamento con la galleria Dora dei due corsi d’acqua Dora Riparia e Stura di Lanzo non riveste particolare criticità ed è da escludere che anche in caso di imprevisti possa produrre impatti significativi sulle risorse idriche superficiali e sul DMV che nelle sezioni in esame è dell’ordine di qualche migliaia di litri/s.

In ogni caso, le valutazioni condotte nella fase di progettazione preliminare saranno verificate ed analizzate con maggior dettaglio nelle successive fasi di sviluppo del progetto. In particolare, per le tratte di sottoattraversamento saranno condotti i seguenti approfondimenti

- Studio geologico ed idrogeologico, mirato a:

- Ricostruzione stratigrafica di dettaglio,
 - Spessore dei depositi di fondo alveo,
 - Caratteristiche di permeabilità dei terreni,
 - Monitoraggio del livello di falda e variazioni stagionali
-
- Studio idraulico, mirato a:
 - Ricostruzione del fondo dell'alveo (variazione nel tempo)
 - Rilievo batimetrico per la verifica/aggiornamento del fondo dell'alveo
-
- Progettazione geotecnica, per la definizione di:
 - Caratterizzazione geotecnica dei terreni
 - Regime delle pressioni interstiziali
 - Modello geotecnico per l'analisi di rischio
-
- Progettazione geotecnica per la fase realizzativa per la definizione di:
 - Definizione della pressione operativa al fronte
 - Protocollo di avanzamento
 - Procedure di fermo macchina
 - Sistema di monitoraggio
 - Predisposizioni per interventi di mitigazione