

REGIONE CAMPANIA

Acqua Campania S.p.A.

UTILIZZO IDROPOTABILE DELLE ACQUE
DELL'INVASO DI CAMPOLATTARO E
POTENZIAMENTO DELL'ALIMENTAZIONE
POTABILE PER L'AREA BENEVENTANA

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

Stralcio Allegato IV D.L. 31.05.2021 n.77 - L. di conversione 21.07.2021 n.108

Responsabile Unico del Procedimento
Dirigente Ciclo Integrato delle Acque della G.R. della Campania
Ing. Rosario Manzi

Il Concessionario
Acqua Campania S.p.A.
Direttore Generale
Area Tecnica
(Ing. Gianluca Maria SALVIA)

I Progettisti



Coordinatore responsabile della
Integrazione delle Prestazioni
Specialistiche

Revisione	Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
0	Febbraio 2022	Integrazioni richieste dal Comitato Speciale (DPCM 4/11/2021)	P. Fantini	G. Ragazzo	F. Rossi
TITOLO : RELAZIONE TECNICA GALLERIA DI DERIVAZIONE E OPERE CONNESSE - ALLEGATO - ORGANIZZAZIONE, MEZZI E MATERIALI PER LO SCAVO CON TBM			Progettazione: 		
Allegato	ED.02.7.2		Revisione: 0	Scala: -	

INDICE

1. INTRODUZIONE.....	3
1.1 Obiettivo della nota	3
2. PERSONALE E RUOLI DI RIFERIMENTO	4
2.1 Cellula gestionale e di controllo	4
2.1.1 Direttore tecnico di cantiere.....	4
2.1.2 Direttore tecnico del cantiere di galleria.....	5
2.1.3 Ingegnere capo macchina	5
2.1.4 Responsabile del monitoraggio della galleria	5
2.2 Cellula di progettazione – accompagnamento TBM.....	6
2.3 Progettisti.....	6
2.4 Ufficio Tecnico di Cantiere	7
2.5 Squadra operativa in galleria	7
2.5.1 Capo cantiere di galleria	7
2.5.2 Operatori in galleria	7
2.6 Squadra operativa in superficie (addetta alla galleria)	8
2.6.1 Capo cantiere di superficie	8
2.6.2 Operatori in superficie	9
3. MEZZI OPERATIVI ED INSTALLAZIONI PROVVISORIE	9
3.1 Mezzi ed installazioni in galleria.....	10
3.1.1 Tunnel Boring Machine (TBM)	10
3.1.2 Back-up della TBM	11
3.1.3 Trenino su rotaia	12
3.1.4 Installazioni provvisorie in galleria	12
3.2 Mezzi ed installazioni in superficie (inerenti alla galleria).....	13
3.2.1 Mezzi operativi sul piazzale	13
3.2.2 Installazioni di cantiere sul piazzale inerenti allo scavo meccanizzato ...	14
3.2.3 Installazioni di cantiere riguardanti gli aspetti logistici.....	15
4. MATERIALI DI CONSUMO IMPIEGATI.....	18
4.1 Fluidi e fanghi di condizionamento.....	18

4.1.1	Acqua.....	18
4.1.2	Aria.....	18
4.1.3	Bentonite	18
4.1.4	Schiuma derivata da tensioattivo	19
4.1.5	Caratteristiche tecniche	19
4.2	Grasso sigillante	20
4.2.1	Caratteristiche tecniche	20
4.3	Miscela d'intasamento del vuoto anulare (o grout).....	20
4.3.1	Composizione della miscela bicomponente.....	21
4.3.2	Caratteristiche tecniche della miscela bicomponente.....	21

1. INTRODUZIONE

Questo elaborato è realizzato nell'ambito delle attività di progetto di fattibilità tecnica ed economica (con riferimento allo schema di decreto ministeriale recante "definizione dei contenuti della progettazione nei tre livelli progettuali" ai sensi dell'articolo 23, comma 3 del decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50, capo 2), concernenti l'intervento di utilizzo idropotabile delle acque dell'invaso di Campolattaro.

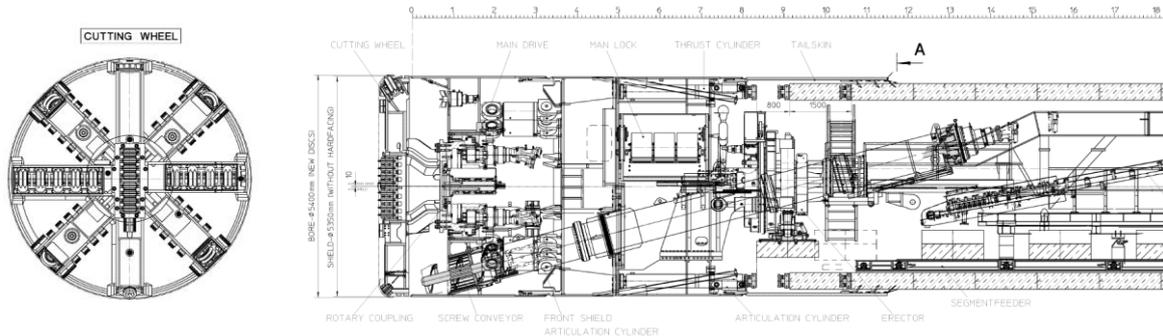


Fig. 1.1 – Schema della TBM tipo per lo scavo della galleria di derivazione

1.1 OBIETTIVO DELLA NOTA

L'obiettivo di questo documento è di fornire un quadro generale sulle risorse umane e materiali coinvolte nello scavo meccanizzato della galleria di derivazione:

- ✓ la struttura organizzativa della squadra addetta alla TBM (Tunnel Boring Machine), ed i compiti dei principali responsabili della direzione e del controllo delle operazioni legate al ciclo di scavo meccanizzato,
- ✓ i principali componenti della TBM ed i mezzi operativi impiegati in sottterraneo ed in superficie,
- ✓ i principali materiali di consumo necessari per condizionare il terreno, lubrificazione l'interfaccia scudo-terreno, ingrassare le guarnizioni e riempire il vuoto anulare dietro i conci.

2. PERSONALE E RUOLI DI RIFERIMENTO

Di seguito, riportiamo un organigramma tipo del personale responsabile dello scavo meccanizzato ed una lista, che non può essere considerata esaustiva, delle mansioni e responsabilità dei principali intervenenti.

Si individuano tre diverse squadre: la cellula gestionale e di controllo (blu) con cui si interfaccia la cellula di progettazione ed accompagnamento della TBM, la squadra operativa in sotterraneo (arancione) e la squadra operativa di superficie (verde).

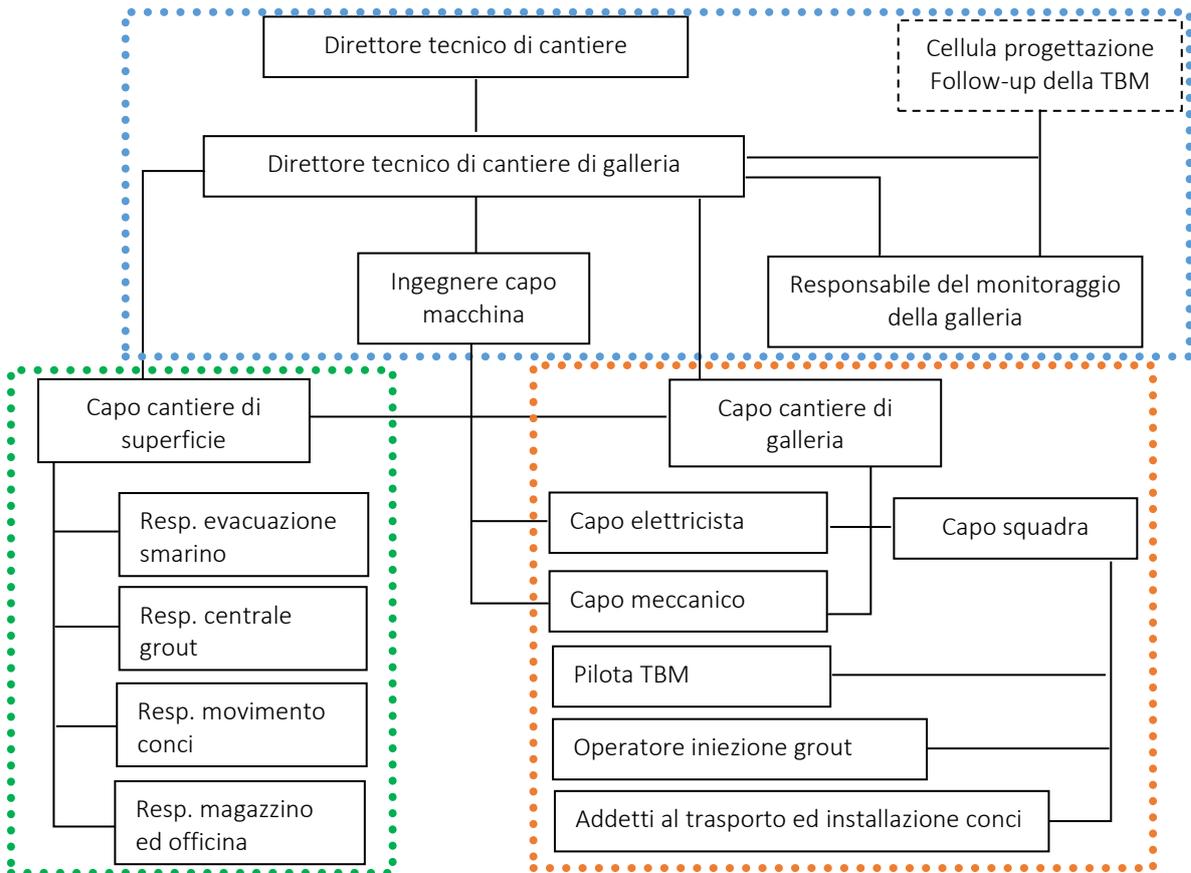


Fig. 2.1 – Organigramma tipo del personale responsabile dello scavo meccanizzato

2.1 CELLULA GESTIONALE E DI CONTROLLO

2.1.1 Direttore tecnico di cantiere

Il Direttore Tecnico di Cantiere (DTC) è responsabile per la direzione e la supervisione dell'esecuzione dei lavori, definisce e chiarisce aspetti tecnici e/o gestionali della commessa.

2.1.2 Direttore tecnico del cantiere di galleria

Il Direttore Tecnico del Cantiere di Galleria (DTCG) riferisce direttamente al DTC ed è responsabile per la direzione e la supervisione dell'esecuzione dei lavori dello scavo meccanizzato. Costituisce una figura di interfaccia tra le attività ed il personale di cantiere di galleria, la cellula di progettazione (progettisti ed ufficio tecnico di cantiere), i principali fornitori (tra cui il costruttore della TBM), i responsabili della sicurezza.

Per ogni tratta di galleria, trasmette all'Ingegnere Capo Macchina (ICM) il Piano di Avanzamento della TBM (PAT), contenente le informazioni necessarie allo scavo (ad es. le pressioni di confinamento e di iniezione della malta).

Fornisce le disposizioni per la gestione delle situazioni di allerta e convoca l'unità di crisi al manifestarsi di situazioni di allarme.

2.1.3 Ingegnere capo macchina

La figura dell'Ingegnere Capo Macchina (ICM), che in presenza di una sola TBM è generalmente ricoperta dal DTCG, ha i seguenti compiti:

- ✓ é responsabile della salute, del benessere lavorativo e della sicurezza del personale a lui sottoposto e delle persone in visita alla galleria, in ogni momento,
- ✓ è responsabile, in collaborazione con il DTCG, di tutte le procedure decisionali legate alla produzione della TBM, durante tutti i turni,
- ✓ è responsabile dell'organizzazione e del controllo del pilotaggio della macchina (ad es. la direzione di avanzamento, il confinamento al fronte, l'iniezione di malta, ...). A questo scopo, trasferisce le consegne necessarie al Capo Cantiere di Galleria (CCG),
- ✓ è responsabile della protezione e mantenimento in sicurezza e buono stato di manutenzione della TBM e dei suoi equipaggiamenti, durante tutti i turni,
- ✓ è responsabile del rispetto delle procedure di installazione dei conci tramite erettore ed è garante della sicurezza e la qualità di questa operazione, durante tutti i turni,
- ✓ è responsabile di tutti i processi logistici di cantiere legati alle forniture dei conci, di malta cementizia, di bentonite, di sabbia/cemento, di acqua industriale, delle installazioni provvisorie all'interno del tunnel necessarie per l'avanzamento dello scavo. A questo scopo, trasferisce le consegne necessarie al Capo Cantiere di Superficie (CCS),
- ✓ è responsabile della qualità dei materiali da costruzione (conci prefabbricati e malta di iniezione), in assenza dei diretti responsabili,
- ✓ trasferisce lo stato del costruito al DTCG.

2.1.4 Responsabile del monitoraggio della galleria

Il Responsabile Monitoraggio Galleria (TBM) (RMG) è alle dirette dipendenze del DTCG. Ha i seguenti compiti:

- ✓ coordina le operazioni di installazione, lettura e manutenzione della strumentazione presente in galleria ed in superficie,
- ✓ esamina le schede di installazione degli strumenti, ne verifica la funzionalità, la taratura e la misura di “zero”,
- ✓ sovrintende all'avanzamento della macchina e monitora i parametri macchina anche in relazione al monitoraggio esterno,
- ✓ si interfaccia con i progettisti (PR) per la definizione delle soglie di pilotaggio,
- ✓ in caso di superamento delle soglie di pilotaggio, comunica lo stato di allerta o di allarme al DTCG,
- ✓ può essere designato come responsabile delle operazioni in iperbarico, se qualificato.

2.2 CELLULA DI PROGETTAZIONE – ACCOMPAGNAMENTO TBM

La cellula di progettazione e di accompagnamento della TBM è composta dai Progettisti (PR) e dall'Ufficio Tecnico di Cantiere (UTC) e si interfaccia con il DTCG e l'ICM.

2.3 PROGETTISTI

I PR hanno i seguenti compiti legati allo scavo della TBM sono:

- ✓ Sviluppare il progetto esecutivo dello scavo in meccanizzato in tutti i suoi aspetti geotecnici e strutturali,
- ✓ Supportare l'impresa di costruzione nella comprensione del progetto sviluppato,
- ✓ Fornendo i parametri di progetto dell'interazione terreno-TBM (ad es. pressione sullo scudo, pressione di confinamento massima, spinta, coppia),
- ✓ Redigere il Piano di Avanzamento della TBM (PAT), che è un documento di sintesi delle informazioni necessarie allo scavo, indicando, per ogni progressiva:
 - i parametri di controllo dello scavo e le rispettive soglie di pilotaggio (ad es. le pressioni di confinamento, le pressioni ed i volumi di iniezione di intasamento dietro ai conci, le pesate di smarino per un ciclo di scavo)
 - le informazioni legate alla geologia, idrogeologia ed interferenze attese,
 - le informazioni relative al rivestimento da installare (tipo di anello, connettori, ...),
 - le informazioni relative al monitoraggio da installare.
- ✓ Verificare con il DTCG e l'ICM che le prescrizioni del PAT siano eseguibili,
- ✓ Redigere le procedure

I compiti dei PR in fase di accompagnamento (Follow-up) in corso d'opera sono:

- ✓ Svolgere analisi retrospettive sui parametri di avanzamento della TBM ricevuti dal 'ICM e sui dati di monitoraggio ricevuti dal RMG,
- ✓ Aggiornare il PAT per sezioni successive di scavo, sulla base dei risultati delle analisi retrospettive e sull'esperienza maturata durante lo scavo già

- effettuato,
- ✓ Partecipare al tavolo tecnico convocato dal DTC/DTCG in situazioni di crisi.

2.4 UFFICIO TECNICO DI CANTIERE

L'UTC ha il compito di sviluppare:

- ✓ Il progetto costruttivo delle installazioni provvisorie di cantiere,
- ✓ Le procedure operative di ogni attività di cantiere (ad es. montaggio TBM, verifiche topografiche del tracciato, posa dei binari in galleria, disposizioni per operazioni in iperbarico, riparazione dei conci, ...).

2.5 SQUADRA OPERATIVA IN GALLERIA

2.5.1 Capo cantiere di galleria

Il Capo Cantiere di Galleria (CCG) (o Capo Imbocco) riferisce direttamente all'IGCM e al DTCG. Ha i seguenti compiti:

- ✓ pianifica la consegna degli approvvigionamenti e dispositivi necessari al funzionamento della TBM,
- ✓ stabilisce la formazione delle squadre di lavoro ed assegna i mezzi, attrezzature ed istruzioni relative agli specifici compiti,
- ✓ trasmette le informazioni e verifica l'operato dei capi squadra e degli altri operatori della TBM,
- ✓ si assicura, durante il cambio turno, che le informazioni vengano correttamente trasmesse tra le maestranze,
- ✓ verifica che i lavori siano effettuati in conformità con le procedure e le istruzioni ricevute da parte dell'ICM,
- ✓ verifica che il pilotaggio della TBM sia conforme alle consegne ricevute dall'ICM (ad es. la direzione di avanzamento, il confinamento al fronte, l'iniezione di malta, ...),
- ✓ verifica l'installazione del rivestimento in conci prefabbricati sia installato a regola d'arte ed organizza la riparazione dei conci danneggiati,
- ✓ organizza e sovrintende le operazioni di manutenzione regolare e straordinaria, facendo da tramite con il capo Meccanico ed il capo Elettricista,
- ✓ fornisce le regole di circolazione dei mezzi all'interno della galleria.

2.5.2 Operatori in galleria

La squadra operativa in galleria si compone di:

- ✓ Capo elettricista: effettua le operazioni di manutenzione e riparazione dei sistemi elettrici della TBM (in conformità con le specifiche del fornitore della macchina), installa gli impianti elettrici e di illuminazione provvisori all'interno

della galleria, partecipa alle operazioni periodiche di prolungamento dei cavi AT della TBM,

- ✓ Capo meccanico: effettua le operazioni di manutenzione e riparazione dei componenti meccanici della TBM (in conformità con le specifiche del fornitore della macchina), informa il CCG dei livelli dei serbatoi di lubrificanti e di grasso presenti sulla TBM e controlla lo stato dei motori,
- ✓ Capo squadra: è responsabile dell'organizzazione delle attività lavorative strettamente connesse allo scavo e al montaggio dell'anello di rivestimento,
- ✓ Pilota della TBM: è responsabile del controllo:
 - della pressione di supporto del fronte,
 - del peso e dei volumi del materiale estratto dalla camera di scavo
 - del condizionamento del terreno di scavo,
 - dell'insorgenza di situazioni anomale nello scavo,
 - dei parametri topografici e dello scostamento dall'asse teorico.
- ✓ Operatore dell'iniezione di grout: è responsabile del controllo della pressione di iniezione e del volume iniettato e dell'approvvigionamento malta sulla TBM,
- ✓ Addetti al trasporto ed all'installazione dei conci:
 - Erettorista: manovra l'installazione dell'anello di conci,
 - Controllore dell'anello: misura il gap tra scudo e anello, assiste l'erettorista in fase di posa e avvita i bulloni tra i conci,
 - Operatore astronave: manovra il trasbordo dei conci dal trenino al segment feeder ed installa i connettori,
 - Conducente del trenino: guida il trenino su rotaia che permette l'approvvigionamento di conci e materiali sulla TBM e l'evacuazione dello smarino.

2.6 SQUADRA OPERATIVA IN SUPERFICIE (ADDETTA ALLA GALLERIA)

2.6.1 Capo cantiere di superficie

Il Capo Cantiere di Superficie (CCS) riferisce direttamente all'IGCM e al DTCG. Ha i seguenti compiti:

- ✓ coordina lo sviluppo delle opere previste nella progettazione logistica del cantiere,
- ✓ valuta lo stato dei mezzi operativi pervenuti in cantiere e ne esamina le documentazioni,
- ✓ sovrintende sia alla produzione che alla manutenzione delle macchine,
- ✓ gestisce la movimentazione dei mezzi in cantiere e costituisce il riferimento operativo per i fornitori,
- ✓ collabora nell'approvvigionamento dei materiali d'opera, verificando che il numero di conci stoccati e le quantità di cemento, bentonite ed acqua siano

- sufficienti a garantire la produzione della TBM, secondo il planning lavori,
- ✓ verifica la capacità di immagazzinamento di smarino e organizza i flussi di evacuazione del materiale su gomma verso il sito di stoccaggio finale,
- ✓ sovrintende al corretto funzionamento della centrale a bicomponente,
- ✓ sovrintende alla verifica e accettazione dei conci prefabbricati pervenuti in cantiere,
- ✓ sovrintende al corretto stoccaggio e all'ordine di invio dei conci in galleria,
- ✓ stabilisce la formazione delle squadre di lavoro ed assegna i mezzi, attrezzature ed istruzioni relative agli specifici compiti e si assicura, durante il cambio turno, che le informazioni vengano correttamente trasmesse tra le maestranze.

2.6.2 Operatori in superficie

La squadra operativa in superficie si compone di:

- ✓ Responsabile dell'evacuazione dello smarino: sovrintende / opera lo scarico dello smarino trasportato dal trenino nelle vasche di raccolta temporanea e del suo successivo carico sui camion destinati al sito di stoccaggio finale,
- ✓ Responsabile della movimentazione dei conci / gruista: sovrintende / opera lo stoccaggio dei conci sul piazzale ed il loro caricamento sul trenino, nel giusto ordine, per il loro ingresso in galleria,
- ✓ Responsabile della centrale di grout: sovrintende / opera l'approvvigionamento delle tramogge di cemento, sabbia, bentonite ed additivi necessari per la malta bi-componente, la loro miscelazione in conformità al mix design di progetto ed il pompaggio delle due componenti in gallerie,
- ✓ Responsabile dell'officina e del magazzino: tiene l'inventario del magazzino e sovrintende le lavorazioni in officina richiesta dai capi cantiere.

3. MEZZI OPERATIVI ED INSTALLAZIONI PROVVISORIE

I principali mezzi/macchinari e le installazioni di cantiere provvisorie necessarie allo scavo in meccanizzato della galleria di derivazione sono:

- ✓ Mezzi operativi:
 - la TBM, con i suoi componenti, ed il Back Up,
 - il trenino di approvvigionamento dei conci ed evacuazione dello smarino,
 - i mezzi impiegati in superficie per la movimentazione dei conci e l'evacuazione dello smarino.
- ✓ Installazioni di cantiere provvisorie:

- presenti all'interno della galleria,
- presenti sul piazzale dell'imbocco lato Sud della galleria di derivazione.

3.1 MEZZI ED INSTALLAZIONI IN GALLERIA

3.1.1 Tunnel Boring Machine (TBM)

La TBM identificata per lo scavo della galleria di derivazione è una macchina complessa che permette l'industrializzazione del processo di scavo ed installazione del rivestimento definitivo. Basandosi su un'analisi di rischio (riferirsi alla nota GN.14.03 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**), si è scelta una macchina scudata a contropressione di terra: EPB (Earth Pressure Balance).

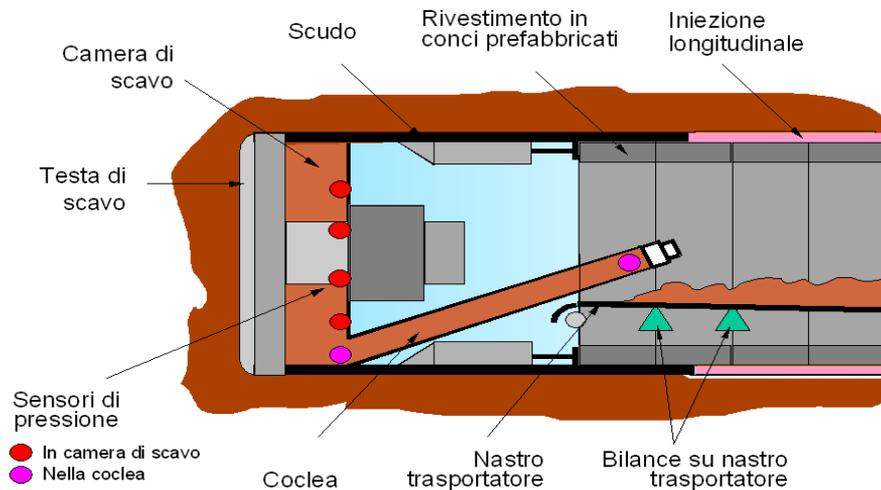


Fig. 3.1 – Schema concettuale di una TBM-EPB con evidenza dei principali componenti

Le principali componenti della TBM sono:

- ✓ testa di scavo TBM: è una ruota di acciaio equipaggiata con gli utensili di scavo e presenta apposite aperture per far confluire lo smarino nella camera di scavo,
- ✓ camera di scavo TBM: ospita il terreno estratto dal fronte fornendogli un supporto,
- ✓ scudo della TBM: è composto da cilindri di acciaio con diametro decrescente dalla testa verso la coda (conicità); sostiene la spinta del terreno e le pressioni idrauliche a monte dell'ultimo/penultimo anello installato,
- ✓ coclea di estrazione: sfruttando il principio della vite di Archimede, evacua il materiale (terreno condizionato) dalla camera di scavo,
- ✓ sensori di pressione: forniscono i valori della pressione di supporto del fronte come pressione di terra nella camera di scavo,
- ✓ bilance su nastro trasportatore: forniscono il valore del peso cumulato per

- ciascuno scavo e la portata istantanea del nastro,
- ✓ gruppi di spinta: sono composti da martinetti idraulici che permettono l'avanzamento della TBM esercitando una spinta sull'ultimo anello di conci installato all'interno dello scudo,
 - ✓ erettore dei conci di rivestimento: opera il posizionamento dei conci prefabbricati consentendo il montaggio dell'anello di rivestimento.
 - ✓ linee per l'applicazione di schiume e/o bentonite al fronte e/o camera di scavo e/o coclea e relative pompe e sistema computerizzato di controllo gestito direttamente dall'operatore nella cabina di guida della TBM;
 - ✓ linee poste sullo scudo di coda per iniezione di miscela bi-componente a tergo degli anelli di rivestimento e relative pompe (vedere iniezione longitudinale in figura sotto).

Per una dettagliata descrizione di tutti i componenti TBM si rimanda al "Manuale della TBM" ed alla nota descrittiva delle caratteristiche tecniche (riferimento GN.14.05 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**)

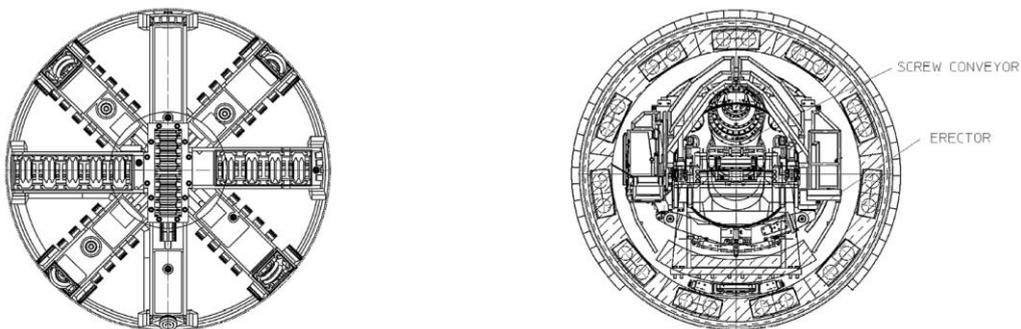


Fig. 3.2 – Sezioni tipo della TBM per lo scavo della galleria di derivazione

3.1.2 Back-up della TBM

Il sistema di back-up è costituito da slitte/carri in carpenteria metallica che assolvono il compito di contenere tutti i servizi annessi alla fresa, quali:

- ✓ centrali idrauliche della TBM,
- ✓ trasformatori e quadri elettrici,
- ✓ nastri trasportatori,
- ✓ impianti per la movimentazione dei conci prefabbricati (astronave, segment feeder),
- ✓ impianto di depurazione dell'aria,
- ✓ impianto di ripresa ventilazione,
- ✓ pompe di aggettamento,
- ✓ impianto dell'acqua industriale ed aria compressa,
- ✓ sistema di scambio e carico dei vagoni di smarino,
- ✓ impianti per l'igiene e la sicurezza del personale,
- ✓ impianti per l'estensione delle linee di galleria (binari, tubazioni, cavi),

- ✓ impianti di illuminazione e telefonico.

Per una dettagliata descrizione del sistema di back-up si rimanda al "Manuale della TBM" ed alla nota descrittiva delle caratteristiche tecniche (riferimento GN.14.05 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

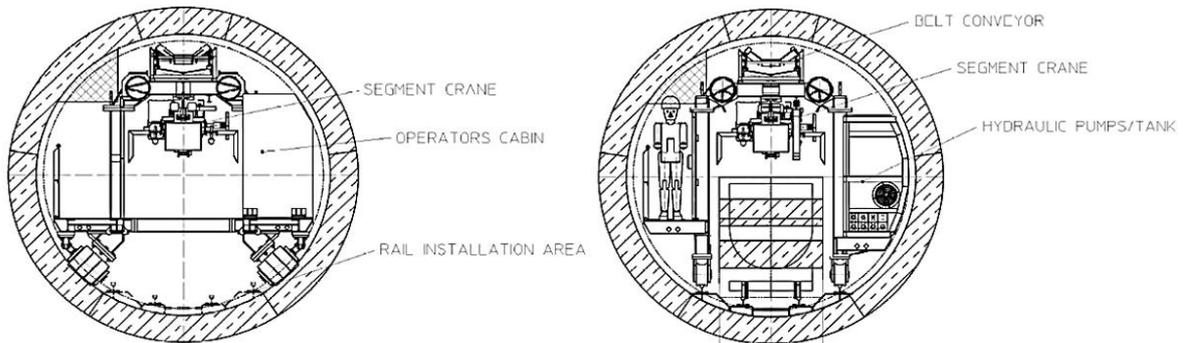


Fig. 3.3 – Sezioni tipo del back-up per lo scavo della galleria di derivazione

3.1.3 Trenino su rotaia

Il trenino su rotaie deve essere composto dai seguenti vagoni:

- ✓ vagoni per il trasporto dei 6+0 conci dell'anello, impilati in tre colonne,
- ✓ vagoni/i per il trasporto dei materiali ed attrezzature (ad es. barili di grasso, cutters, bulloni, connettori, passerelle, ...),
- ✓ vagoni per l'evacuazione dello smarino; di capacità sufficiente ad evacuare il volume di terreno sciolto scavato e condizionato durante uno stroke completo dei martinetti (indicativamente $22,9\text{mq} \times 2,5\text{m} \times 1,5 = 85\text{ mc}$, ovvero 5 vagoni da 17 mq),
- ✓ vagoni di trasporto maestranze/visitatori,
- ✓ locomotore.

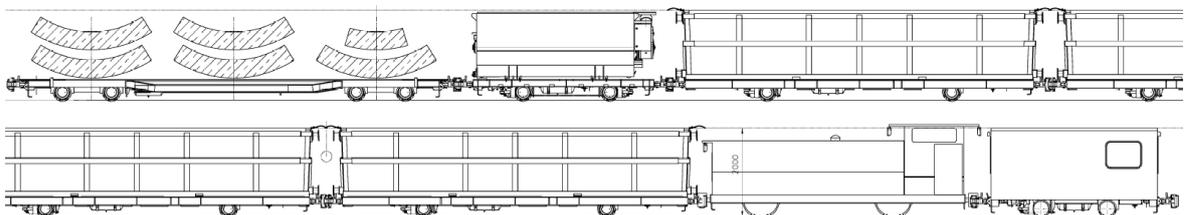


Fig. 3.4 – Figurino tipo del trenino su rotaia per lo scavo della galleria di derivazione

3.1.4 Installazioni provvisorie in galleria

Le installazioni provvisorie previste all'interno della galleria sono le seguenti:

- ✓ binari per l'avanzamento dei Gantry del back-up e binari per il transito del trenino,
- ✓ passerelle per camminamento laterale,
- ✓ tubazioni di trasporto della miscela bicomponente (due linee), della bentonite, dell'acqua industriale e antiincendio,
- ✓ tubo di ventilazione,
- ✓ impianto di illuminazione,
- ✓ rifugio antincendio,
- ✓ supporti per le stazioni totali della poligonale interna alla galleria.

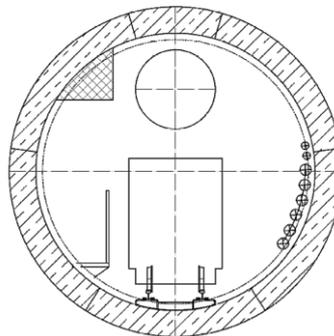


Fig. 3.5 – Sezione funzionale della galleria di derivazione in fase lavori

3.2 MEZZI ED INSTALLAZIONI IN SUPERFICIE (INERENTI ALLA GALLERIA)

3.2.1 Mezzi operativi sul piazzale

Nel piazzale dell'imbocco della galleria di derivazione (lato Sud) è prevista l'installazione di una gru a torre da 200 t per svolgere le seguenti attività:

- ✓ posizionamento delle componenti della TBM per il montaggio della macchina e dei carri del back-up sulla sella,
- ✓ installazione della struttura di controspinta della TBM,
- ✓ scarico dei conci dai camion alla zona di stoccaggio; carico dei conci sul trenino,
- ✓ scarico dello smarino, trasportato dal trenino, nelle vasche di raccolta temporanea; carico dello smarino sui camion diretti al sito di destinazione finale,
- ✓ trasporto di materiali da costruzione nell'area del piazzale.

Il trasporto di materiali da costruzione all'interno della zona di cantiere può essere effettuato anche tramite muletti, carrelli e movimentatori telescopici.

Il trasporto da e per il cantiere avviene su gomma.

3.2.2 Installazioni di cantiere sul piazzale inerenti allo scavo meccanizzato

Sulla base delle caratteristiche della galleria di derivazione e della TBM, si determinano le aree di cantiere minime necessarie allo svolgimento dei lavori.

Ne risulta, che le installazioni di cantiere inerenti allo scavo della TBM sono le seguenti (in ordine di distanza crescente rispetto all'imbocco):

Sella, dima e struttura di controspinta della TBM: costruzione in sequenza: della dima di attacco della galleria (lunghezza 12,4 m), della sella per il montaggio della TBM (lunghezza 13 m), della sella per il posizionamento dei quattro carri necessari alla partenza della macchina (lunghezza 34,6 m). Installazione della struttura di controspinta della TBM per la partenza e rimozione della stessa dopo l'ingresso in galleria dell'ultimo carro dal back-up (circa 100 m di avanzamento della macchina).

Ventolino ed infermeria: installazione dei componenti elettromeccanici dell'impianto di ventilazione e dei locali dell'infermeria, inclusa la camera iperbarica, per una superficie totale di 100 mq circa. Queste installazioni sono posizionate in diretta prossimità dell'imbocco della galleria di derivazione.

Piazzale di stoccaggio dei conci: realizzazione di una piattaforma di 756 m² per una capacità massima di stoccaggio di 63 anelli circa, corrispondenti ad una settimana di disponibilità. Lo stoccaggio, infatti, è dimensionato sulla base di una produzione di punta di 250 m/mese (13 m/giorno) e 9 anelli installati al giorno.

Cassoni di deposito dello smarino: realizzazione di 8 cassoni interrati, da 500 m³ l'uno, disposti su due file di vasche per l'accumulo alternato (10gg), per una capacità di deposito provvisorio massima di circa 4000 m³ ed un'occupazione superficiale complessiva di 800 m² circa, che si estende a 1200 m² considerando le aree di sosta del trenino e dei camion da scaricare/caricare. Anche in questo caso, il dimensionamento è effettuato sulla produzione di punta della macchina di scavo affinché l'organizzazione di cantiere non sia limitante da questo punto di vista.

Fondazione della gru a torre da 200t.

Deposito materiali ed officine meccaniche: su un'area di 150 m² circa.

Centrale a bicomponente: copre una superficie di circa 250 m² ed è composta da: silos di stoccaggio dei materiali per il confezionamento del componente A (cemento, bentonite, acqua, additivi); un container per ospitare il mescolatore del componente A; un container per ospitare il serbatoio del componente B ed il serbatoio, con annesso agitatore, del componente A; un container per le pompe, e da cui partono i tubi di approvvigionamento alla TBM.

Cabina di trasformazione e gruppo elettrogeno della TBM: su un'area di 50 m² circa, permette l'alimentazione elettrica della TBM.

3.2.3 Installazioni di cantiere riguardanti gli aspetti logistici

Le principali aree logistiche del cantiere sono descritte nel presente paragrafo.

Baracche, uffici e parcheggi: su un totale 1736 m² così ripartiti:

- ✓ 500 m² di uffici,
- ✓ 500 m² di aree ristoro e locali igienico-assistenziali,
- ✓ 200 m² dedicati a magazzini/spogliatoi e aree per visitatori,
- ✓ circa 536 m² di parcheggi: 26 posti auto (2.5mx5.0m) a cui si aggiungono le aree di manovra.

Aree per automezzi: su un totale di 460 m² così ripartiti:

- ✓ Parcheggio automezzi: quattro posti per camion per un totale di 200 m²,
- ✓ Lavaggio gomme degli automezzi: 130 m²,
- ✓ Pesa degli automezzi: 130 m².

Aree per lo smaltimento dei rifiuti:

- ✓ Area di deposito *chemicals* e rifiuti: 200 m²,
- ✓ Area di trattamento delle acque: 70 m²,

Si aggiungono, inoltre, le zone dedicate alla circolazione di mezzi e di persone, quelle per l'accesso al cantiere ed il raggiungimento delle aree di interesse e la zona di raccolta in caso di emergenze (localizzata al centro e lontana da zone a rischio).

La tabella seguente sintetizza le aree descritte in questo capitolo, da cui si evince la necessità di una superficie minima di circa 8800 m², al netto dell'area occupata dalla struttura di lancio e dalla sella della TBM.

La superficie disponibile è di circa 14405 m², ovvero circa 1,64 volte quella richiesta. Bisogna ricordare, tuttavia, che la superficie necessaria varia nel corso dei lavori e che il cantiere della galleria di derivazione svolgerà, per un certo periodo, un ruolo logistico anche per la realizzazione del pozzo piezometrico, la cui cantierizzazione risulta complicata per via delle forti pendenze e la penuria di spazio.

Si ritiene, dunque, che l'area disponibile possa permettere di affrontare eventuali periodi di picco produttivo (sia in termini di lavoratori presenti sia in termini di necessità logistiche).

Tab. 3.1 – Definizione delle superfici di cantiere necessarie per lo scavo con TBM

CALCOLO SUPERFICIE CANTIERE TBM		
SYSTRA S W S		Progetto Campolattaro
IPOTESI DI BASE		
n° TBM	1	[-]
Tipo di macchina (EPB o SS)	EPB	[-]
Centrale per malta o iniezioni	250	[m ²]
Torre e stoccaggio del nastro trasportatore	0	[m ²]
Area di sedimentazione e trattamento delle acque reflue	70	[m ²]
Zona di funzionamento della macchina	150	[m ²]
Aree di lavoro e officine	500	[m ²]
Baracche, uffici e parcheggi	1736	[m ²]
Centrale di trattamento delle acque (reflui e seccaggio smarino)	100	[m ²]
Bacino di ritenzione delle acque pluviali	150	[m ²]
Lavaggio gomme	130	[m ²]
Pesa dei camion	130	[m ²]
Area di lavoro e magazzini	3216	[m ²]
Diametro di scavo	5.4	[m]
Fronte di scavo TBM	23	[m ²]
Produzione di punta	250	[m/mese]
Numero di giorni lavorativi per mese	20	[giorni/mese]
Lunghezza dei conci <i>(in direzione dell'asse del tunnel)</i>	1.5	[m]
Superficie per anello	8	[m ² /concio]
Numero di giorni di disponibilità degli anelli in sito <i>(avanzamento assicurato per X giorni)</i>	7	[giorni]
Tempistiche di stoccaggio temporaneo dello smarino	10	[giorni]
Coefficiente di rigonfiamento dello smarino	1.4	[-]
RISULTATI		
Aree di lavoro e officine	3216	[m²]
Avanzamento TBM/giorno	13	[m/giorno]
Numero di anelli installati per giorno e per TBM	9	[-]
Numero totale di anelli installati per giorno	9	[-]
Area di stoccaggio degli anelli per un giorno	72	[m ²]
Area di stoccaggio dei conci	756	[m²]
Volume di stoccaggio dello smarino	4169	[m ³]
Numero di cassoni per lo stoccaggio dello smarino	4	[-]
Numero di cassoni per maturazione dello smarino <i>(Ipotesi 1 cassone ≈ 500m³)</i>	4	[-]
Superficie per cassone	100	[m ²]
Area di stoccaggio dello smarino	1200	[m²]
Area dedicata alla circolazione 30%	1600	[m²]
Area di accesso + Punto di raccolta	2000	[m²]
SUP. TOTALE CANTIERE	8772	[m²]
SUP. TOTALE CONSIDERATA	8800	[m²]
SUP. TOTALE DISPONIBILE	14405	[m²]
FATTORE DI SICUREZZA	1.64	[-]



Ad esclusione dell'area occupata dalla struttura di lancio

Regione Campania – Acqua Campania S.p.a.
UTILIZZO IDROPOTABILE DELLE ACQUE DELL'INVASO DI CAMPOLATTARO
E POTENZIAMENTO DELL'ALIMENTAZIONE POTABILE PER L'AREA BENEVENTANA
PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

Nella figura seguente viene raffigurato il cantiere durante la fase di scavo della galleria di derivazione, la più dimensionante per la logistica.

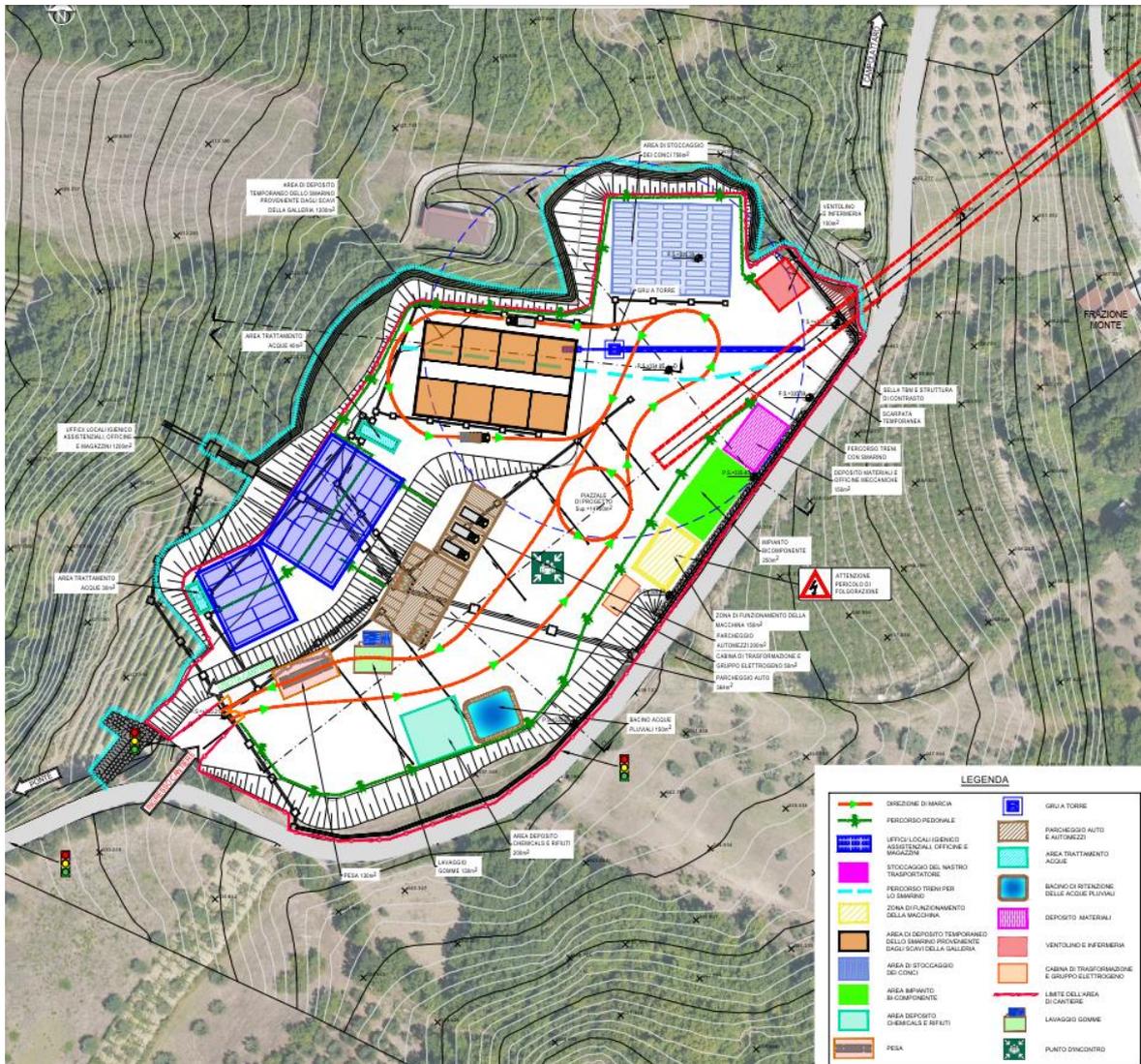


Fig. 3.6 – Cantierizzazione del piazzale all’imbocco della galleria di derivazione

4. MATERIALI DI CONSUMO IMPIEGATI

I principali materiali oggetto della procedura di scavo della TBM (riferirsi alla nota GN.14.06 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**), sono quelli necessari al condizionamento del terreno, il grasso di coda e la malta di intasamento del vuoto anulare dietro ai conci.

4.1 FLUIDI E FANGHI DI CONDIZIONAMENTO

Lo scavo meccanizzato fa uso di additivi di diversa natura fisica e chimica che possono essere etichettati come fluidi e fanghi di condizionamento. I componenti principali sono descritti in questo paragrafo.

4.1.1 Acqua

L'acqua sarà presente nel terreno/ammasso scavato in quantità variabile in funzione del contesto idrogeologico e determinerà la sua consistenza, come si può osservare da diverse prove in laboratorio (ad es. limiti di Atterberg per i terreni e cono di Abrams per il calcestruzzo). Può essere utilizzata da sola o con l'aggiunta di bentonite, di polimeri idrosolubili e/o tensioattivo ed aria per creare la schiuma.

4.1.2 Aria

L'aria compressa non può' essere considerata da sola un additivo per lo scavo, in quanto la sua azione di condizionamento è molto limitata. Se la permeabilità del terreno lo permette, l'aria compressa aiuta al sostegno del fronte (condizione iperbarica). Essendo un componente della schiuma, l'aria aiuta a fluidificare e ridurre la densità del "muck" e a regolare la pressione di terra nella camera di scavo, riducendone le oscillazioni.

4.1.3 Bentonite

La bentonite è tra le argille più conosciute ed impiegate nei fanghi utilizzati negli scavi e nelle perforazioni. La sua argilla costituente, la montmorillonite, le permette di sviluppare un rigonfiamento estremamente elevato e di ottenere delle proprietà colligative ed impermeabilizzanti. Nello scavo con TBM può essere usata per i seguenti scopi:

- ✓ mantenere la camera in pressione durante i fermi macchina,
- ✓ può essere iniettato, assieme al polimero, come supporto del fronte, gestito dal sistema AFS (Active Face Support) montato sulla macchina, in caso di riduzione della pressione di confinamento al fronte inferiore alla soglia di allerta.
- ✓ rendere il fronte di scavo impermeabile all'aria compressa e quindi permettere lo svuotamento della camera al fine delle operazioni di manutenzione straordinaria,
- ✓ se iniettata attraverso lo scudo, lubrificare l'interfaccia scudo terreno e

ridurre le perdite di pressione di confinamento lungo lo scudo.

4.1.4 Schiuma derivata da tensioattivo

La schiuma da tensioattivo è un sistema bi-fase (una fase gassosa ed una fase liquida contenente l'agente schiumogeno) caratterizzato da proprietà fisiche espansive. La schiuma è impiegata per il trattamento del terreno sul fronte di scavo e/o nella camera di scavo e/o nella coclea di estrazione, con lo scopo di:

- ✓ migliorare la lavorabilità del terreno modificandone il suo stato da solido a "pulpy consistency" e garantendo quindi una distribuzione uniforme della pressione di confinamento al fronte,
- ✓ ridurre la coppia sulla testa di scavo,
- ✓ favorire il movimento del materiale condizionato in direzione della coclea,
- ✓ ridurre la permeabilità del terreno nella camera di scavo,
- ✓ ridurre la coppia sulla coclea rendendo più facile l'estrazione di materiale,
- ✓ ridurre l'attrito sulla testa di scavo e quindi l'usura degli utensili di scavo.

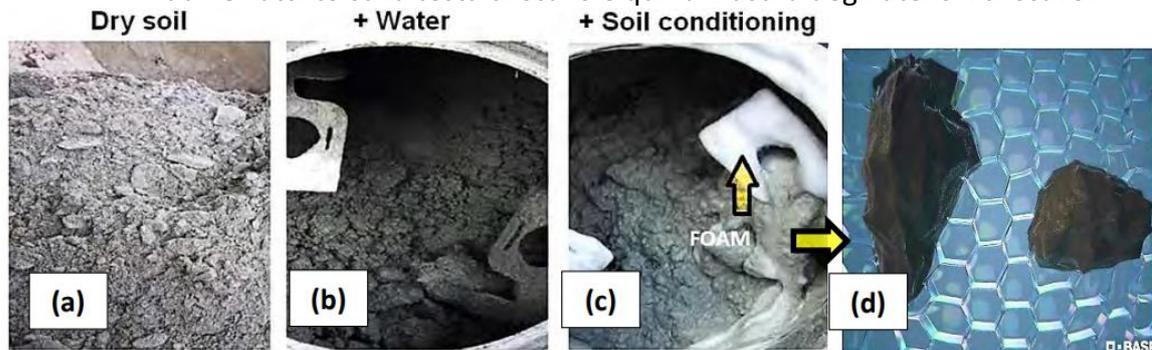


Fig. 4.1 – Condizionamento del materiale scavato: (a) terreno asciutto, (b) terreno + acqua, (c) terreno + acqua + schiuma, (d) particelle in dispersione nella schiuma

4.1.5 Caratteristiche tecniche

Le caratteristiche del condizionamento adottato vengono scelte in funzione della geologia del terreno incontrato. La presenza della falda lungo il tracciato della galleria è un altro parametro fondamentale in base al quale sono decisi i parametri di condizionamento da utilizzare per la produzione della schiuma da iniettare al fronte e/o in camera di scavo. Nell'analisi di rischio per la scelta della macchina (riferirsi alla nota GN.14.03 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) si forniscono, a titolo indicativo, i parametri di condizionamento previsionali.

Il mix design sarà calibrato in seguito ad indagini di laboratorio specifiche, da svolgersi in fase esecutiva, e testato in opera sul primo settore di galleria (curva di apprendimento).

Tutti gli additivi devono essere biodegradabili, non classificabili come "sostanza pericolosa" (include: infiammabile, irritante, tossico, ecotossico, cancerogeno, ...), e non implicare alcuna speciale precauzione nello smaltimento dello smarino condizionato.

4.2 GRASSO SIGILLANTE

Il grasso sigillante è utilizzato in corrispondenza delle interfacce 'mobili' tra la TBM ed il terreno, ovvero:

- ✓ Interfaccia scudo di coda – anello di conci: viene pompato all'interno dello scudo di coda nelle intercapedini tra le file di spazzole per garantirne la tenuta evitando l'ingresso all'interno degli scudi della miscela bi-componente e/o di acqua in pressione,
- ✓ Interfaccia camera di scavo – maindrive: viene iniettato all'interno del labirinto del maindrive per garantire la tenuta della camera di scavo e la protezione cuscinetto principale.

4.2.1 Caratteristiche tecniche

Per quanto riguarda il sigillante di coda, si procede ad una prima ingrassatura manuale delle spazzole con un grasso ad alte prestazioni (tipo WR90NG) e ad un successivo pompaggio di grasso (tipo WR89NG) all'avanzamento tramite le linee presenti all'interno dello scudo. In caso di emergenza, si adopera un apposito grasso espansivo che permette di garantire l'impermeabilizzazione della coda anche in presenza di spazzole danneggiate. Per quanto riguarda il maindrive, si iniettano grassi sigillanti (tipo HBW) all'interno del labirinto e come lubrificante delle guarnizioni (tipo GR217-EP2).

I grassi e lubrificanti devono essere biodegradabili, non classificabili come "sostanza pericolosa" (include: infiammabile, irritante, tossico, ecotossico, cancerogeno, ...), resistenti al dilavamento, e resistenti all'aggressione delle schiume e del grout.

4.3 MISCELA D'INTASAMENTO DEL VUOTO ANULARE (O GROUT)

Lo scavo meccanizzato della galleria di derivazione prevede l'installazione dei conci all'interno dello scudo. Considerando che il diametro di scavo è maggiore del diametro dell'estradosso dell'anello di conci, si viene creare un vuoto anulare di altezza 0.2 m sul raggio. L'intasamento di questo vuoto anulare è fondamentale per:

- ✓ a corto termine:
 - stabilizzare l'anello di conci nella posizione corretta, impedendo l deformazioni e disallineamenti generati dal peso proprio, dalla spinta dei martinetti e dalla pressione di iniezione di coda,
 - sostenere i carichi trasmessi dal peso del back-up,
 - assicurare un contatto uniforme, omogeneo e immediato tra il terreno/ammasso ed il rivestimento,
 - resistere all'azione dilavante delle acque sotterranee (soprattutto nei passaggi a

- forte permeabilità/trasmissività),
- fornire un contrasto alla pressione di confinamento al fronte ed impedire il flusso di acqua verso le spazzole,
- limitare il volume perso generato dallo scavo, soprattutto nelle zone a bassa copertura ed in prossimità di preesistenze;
- ✓ a lungo termine:
- evitare situazioni di carico puntuale assicurandone una distribuzione omogenea e simmetrica sul rivestimento in conci prefabbricati,
- completare l'impermeabilizzazione del tunnel fornita, in primo luogo, dal rivestimento definitivo e dai suoi dispositivi (gasket elastomerico, cordolo idroespansivo),
- contribuire alla protezione del rivestimento contro gli agenti aggressivi naturali di tipo mineralogico e biologico

La miscela impiegata per l'intasamento del vuoto anulare è la miscela bicomponente.

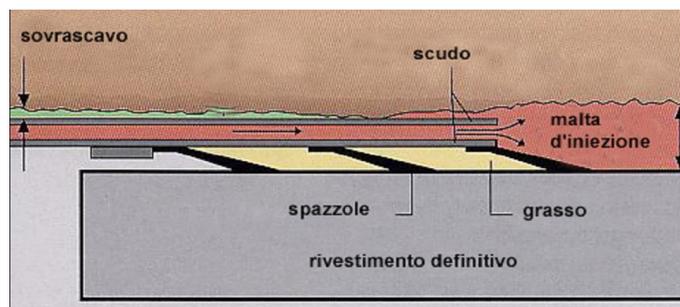


Fig. 4.2 – Schema illustrativo dell'iniezione di intasamento dalla coda dello scudo TBM

4.3.1 Composizione della miscela bicomponente

La malta bicomponente è ottenuta a partire dalla miscela dei due seguenti componenti:

- ✓ Componente A: una boiaccia a bassa viscosità, composta da acqua, bentonite e cemento dosato con un additivo ritardante al fine di garantire la sua lavorabilità per tempi elevati (minimo 72 ore) e la possibilità di essere pompata su lunghe distanze,
- ✓ Componente B: un additivo accelerante a base di silicato di sodio, aggiunto al componente A immediatamente prima della sua iniezione in coda allo scudo, che permette la gelificazione quasi immediata della miscela e lo sviluppo più rapido della resistenza meccanica a partire dai primi stadi di maturazione.

L'iniezione sarà realizzata in continuo all'avanzamento della TBM, tramite i punti di iniezione previsti all'interno dello scudo.

4.3.2 Caratteristiche tecniche della miscela bicomponente

Le caratteristiche fisiche e meccaniche del componente A e della miscela bicomponente (in seguito all'aggiunta del componente B) devono rispettare le seguenti specifiche:

- ✓ Componente A:
 - Viscosità al cono di Marsh (4.7 mm di diametro)
 - meno 30 minuti dopo l'idratazione del cemento: 30-45"
 - 72 ore dopo l'idratazione del cemento: ≤ 55"
 - Bleeding dopo 120 min: ≤3%
 - ✓ Malta bicomponente:
 - Tempo di gelificazione: 5-15 secondi
 - Resistenza a compressione monoassiale:
 - a 1 ora: 0,05 MPa
 - a 8 ore: 0,10 MPa
 - a 24 ore: 0,50 MPa
 - a 28 giorni: 2,00 MPa
 - Modulo di elasticità: ≥ 1 GPa
 - Permeabilità: 10^{-8} m/s
 - Rendimento volumetrico: ≥ 98%

Nel processo di selezione del mix design, è necessario verificare il rispetto delle specifiche tecniche fornite tramite prove di laboratorio sul componente A e sulla malta bicomponente, a differenti stadi di maturazione.