

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE



PROGETTO ESECUTIVO

## LINEA FERROVIARIA MILANO - NAPOLI NODO DI FIRENZE - PENETRAZIONE URBANA LINEA AV

Passante AV

GALLERIE NATURALI ESEGUITE CON SISTEMA MECCANIZZATO

Procedure di scavo e controllo con EPB

IL PROGETTISTA



Infrarail Firenze srl - IFR Firenze  
sede legale: Via Circondaria, 32/34 - 50127 - Firenze  
PEC: infrarail.pec@legalmail.it  
Codice fiscale e n. iscr. al Registro Imprese: 06956550484

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO	DISCIPLINA	PROGR.	REV.
NF1W	00	E	ZZ	SP	GN0100	002	B

REV.	DESCRIZIONE	REDATTO	DATA	VERIFICATO	DATA	APPROVATO	DATA
A	Emissione	Ing. Schiavinato	11/2020	Ing. Cucino	11/2020	Ing. Sorbello	11/2020
B	Recepimento Osservazioni	Ing. Schiavinato	02/2021	Ing. Cucino	02/2021	Ing. Sorbello	02/2021

File NF1W.00.E.ZZ.SP.GN0100.002.B.doc

n. Elab.:

## SOMMARIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUZIONE.....</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>PRESCRIZIONI GENERALI.....</b>	<b>3</b>
2.1	PRESCRIZIONI OPERATIVE DI AVANZAMENTO DURANTE LO SCAVO.....	3
2.2	CONTROLLI.....	4
<b>3.</b>	<b>CONDIZIONI PROGETTUALI.....</b>	<b>5</b>
3.1	CONDIZIONI AMBIENTALI .....	5
3.2	REQUISITI E PRESCRIZIONI .....	5
<b>4.</b>	<b>ORGANIZZAZIONE E MATERIALI PER LO SCAVO DELOLA GALLERIA .....</b>	<b>11</b>
4.1	PERSONALE E RUOLI DI RIFERIMENTO.....	11
4.2	MEZZI OPERATIVI/COMPONENTI TBM.....	12
4.3	MATERIALI IMPIEGATI.....	13
4.4	CONTROLLI, MONITORAGGI E PARAMETRI FRESA.....	17
<b>5.</b>	<b>METODOLOGIA OPERATIVA.....</b>	<b>18</b>
5.1	DEFINIZIONE DELLE CONDIZIONI NORMALI ED ANOMALE .....	18
5.2	PARAMETRI DI CONTROLLO DELLO SCAVO .....	18
5.3	AVANZAMENTO IN CONDIZIONI NORMALI .....	19
5.3.1	<i>Scavo di avanzamento .....</i>	19
5.3.2	<i>Intasamento con miscela bicomponente a tergo del rivestimento.....</i>	20
5.3.3	<i>Montaggio dell'anello di rivestimento in conci prefabbricati .....</i>	21
5.4	FERMI MACCHINA .....	22
5.4.1	<i>Fermo senza svuotamento della camera di scavo:.....</i>	22
5.4.2	<i>Fermo con svuotamento della camera di scavo:.....</i>	23
5.4.3	<i>Fermi lunghi .....</i>	24
5.5	AVANZAMENTO IN CONDIZIONI ANOMALE.....	25
5.5.1	<i>Venute di acqua attraverso la coclea .....</i>	25
5.5.2	<i>Oscillazione del valore della coppia sulla testa di scavo .....</i>	26
5.5.3	<i>Bloccaggio della testa di scavo e degli scudi .....</i>	26
5.5.4	<i>Blocco della coclea .....</i>	27
5.5.5	<i>Anomalie nella lettura delle pressioni al fronte .....</i>	27
5.5.6	<i>Sovrascavo e sottoscavo .....</i>	28
5.5.7	<i>Pressione e volume della malta iniettata a tergo del rivestimento insufficienti .....</i>	29
5.5.8	<i>Scostamento asse teorico tunnel.....</i>	29
5.5.9	<i>Formazione del cuscino d'aria in calotta all'interno della camera di scavo.....</i>	30
5.6	SISTEMA DI COMUNICAZIONE .....	30

---

6.	SISTEMA DI REPORTING .....	31
7.	ALLEGATO 1 .....	32

## 1. INTRODUZIONE

La “Convenzione” stipulata il 28 maggio 2007 tra RFI S.p.A. e il Contraente Generale “Nodavia”, comprendeva, tra le varie prestazioni, anche la progettazione esecutiva e la realizzazione del Passante Ferroviario Alta Velocità del Nodo di Firenze e della Nuova Stazione Alta Velocità di Belfiore, opere ricadenti nel cosiddetto “Lotto 2”.

In data 25/02/2010, conclusesi le attività di verifica e l’iter autorizzativo da parte degli enti preposti, RFI ha approvato il progetto esecutivo del Lotto 2 e, in data 10/03/2010, ha consegnato i relativi lavori.

Tra gli anni 2010 e 2018 sono state realizzate soltanto alcune parti d’opera previste contrattualmente, in particolare:

- Nuova stazione AV di Belfiore: paratie a protezione dei manufatti intorno alla Stazione, diaframmi del Camerone, pali di fondazione, gli scavi di approfondimento e la realizzazione del primo solaio;
- Passante AV: pozzo avvio scavo meccanizzato, trincea di approccio, prima fase delle gallerie artificiali, aria di triage nord;
- Deposito Definitivo ex miniera di S. Barbara: terminal ferroviario di Bricchette, piazzole per la caratterizzazione del materiale proveniente dagli scavi, area logistica, viabilità di accesso alle piazzole;

Dal 2018 i lavori oggetto di convenzione risultano di fatto sospesi, in quanto l’Appaltatore ad aprile di tale anno ha presentato richiesta di concordato preventivo, successivamente accettata. Ciò ha portato, in data 27/05/2020, RFI e l’Appaltatore alla risoluzione della Convenzione anzidetta.

A seguito di questi eventi, RFI, al fine di riavviare al più presto i lavori di costruzione del c.d. “Lotto 2” e mettere in esercizio la linea AV, ha affidato alla propria società Infrarail Firenze (di seguito “IFR”) le attività necessarie a mettere a disposizione la documentazione progettuale da porre a base di appalto della sola esecuzione delle opere ancora da realizzare.

In ragione di questo affidamento, IFR ha, quindi, avviato le attività di revisione degli elaborati del progetto esecutivo già approvato, al fine di renderli coerenti con lo stato attuale delle opere già realizzate e le attività finora eseguite. Inoltre gli elaborati progettuali sono stati revisionati ed aggiornati, per le parti d’opera ancora da realizzare, in coerenza con le vigenti norme di riferimento e con il manuale di progettazione di RFI, ma, soprattutto, al fine di garantire l’interoperabilità delle linee transeuropee ai sensi della direttiva 2008/57/CE. Nel contempo sono state recepite le prescrizioni impartite in sede di approvazione del Progetto Esecutivo redatto dal Contraente Generale.

Si evidenzia che le attività di revisione progettuale sono state svolte nel rispetto degli indirizzi e delle autorizzazioni ottenute, pertanto sono stati inseriti, per completezza documentate, nella documentazione costituente il progetto esecutivo revisionato anche gli elaborati già approvati dagli enti competenti, con particolare riferimento all’Osservatorio Ambientale a suo tempo nominato, e che, come tali, sono stati di riferimento per la revisione ed aggiornamento delle soluzioni progettuali al fine di garantire la validità delle autorizzazioni già espresse.

## 2. PRESCRIZIONI GENERALI

### 2.1 PRESCRIZIONI OPERATIVE DI AVANZAMENTO DURANTE LO SCAVO

L’avanzamento dello scavo dovrà avvenire con la camera di scavo costantemente e completamente piena del materiale estratto, opportunamente condizionato, in modo da garantire una distribuzione omogenea ed uniforme di pressione di terra al fronte e senza cali di pressione tra una spinta e quella successiva. Il condizionamento dei terreni nella camera di scavo dovrà avvenire, in funzione delle caratteristiche granulometriche dei terreni da scavare, con l’aggiunta in camera di lavoro,

oltre che di schiume anche, se necessario, di polimeri e di materiale fino (filler). Non sono ammessi avanzamenti a camera vuota o comunque non in pressione se non esplicitamente consentiti dal progettista.

L'avanzamento dovrà avvenire con una corretta applicazione della pressione al fronte in modo da garantire costantemente la necessaria stabilità del fronte di scavo ma anche il controllo delle deformazioni e quindi il contenimento dei cedimenti in superficie. Nella relazione tecnica e di calcolo dello scavo meccanizzato sono state individuate, per ciascuna tratta omogenea da scavare, due valori di pressioni al fronte: un valore di pressione di riferimento ed uno di pressione massima.

In fase di scavo verrà applicata sul fronte della galleria una pressione circa uguale alla pressione di riferimento calcolata dal progettista. Nella fase di progettazione di dettaglio verranno definiti per ogni zona omogenea due valori limite (uno superiore ed uno inferiore), della pressione da applicare al fronte. Verrà inoltre definita una procedura operativa, che individua delle soglie di attenzione e di allarme e le azioni da adottare nel caso di superamento di queste soglie. In relazione ai risultati del monitoraggio effettuato sul piano campagna e sugli edifici presenti, in fase di scavo potranno essere modificati i valori limiti e le relative soglie.

L'avanzamento dovrà avvenire con una corretta esecuzione delle iniezioni a tergo, eseguite in linea di principio da tutte le linee distribuite sulla circonferenza dello scudo e con i valori di pressione di iniezione che dovranno essere valutati per le varie tratte geotecnicamente omogenee. L'intasamento a tergo dovrà avvenire contemporaneamente all'avanzamento iniettando, alla pressione stabilita, il volume di miscela necessario a garantire la completa ed omogenea saturazione dell'intercapedine a tergo dei conci e fino alle pressioni di rifiuto stabilite.

Per l'intasamento dell'intercapedine a tergo dei conci dovrà essere utilizzata una miscela idonea e caratterizzata da una viscosità tale da non disperdersi nel terreno e nel contempo tale da impedire l'otturazione delle tubazioni, e comunque miscele che non siano caratterizzate da elevati valori di *bleeding* o da elevati valori di ritiro.

Le operazioni di fermo scavo e di ripresa delle operazioni di avanzamento dovranno avvenire mettendo rigorosamente in atto le modalità di corretta esecuzione.

Se, per operazioni di manutenzione, la camera di scavo dovesse risultare parzialmente svuotata, la ripartenza della TBM potrà essere condotta in pressione d'aria fino al riempimento della stessa solo dopo aver verificato che il fronte si trova in condizioni stagne.

Si fa presente che la procedura di scavo, così come descritta dal presente documento, potrà subire integrazioni e/o correzioni qualora queste si rendessero necessarie durante l'avanzamento dei lavori.

## 2.2 CONTROLLI

Lo scavo dovrà avvenire necessariamente operando i seguenti controlli regolati da procedure operative condivise ed approvate:

- a) controllo continuo delle pressioni in camera di scavo attraverso la lettura dei valori dei sensori di pressione che dovranno rispettare i valori di riferimento individuati;
- b) controllo continuo del materiale "spillato" dalla camera di scavo mediante pesatura con l'utilizzo di due bilance. Il peso teorico atteso va confrontato con il valore rilevato dalle bilance (visibile da PLC) e depurato dalle quantità di prodotte immesso dall'esterno (agenti condizionanti). Il controllo deve seguire una procedura operativa in cui sono fissate le soglie di attenzione e di allarme sul peso dei materiali estratti, fissate sia alla fine di ogni spinta che durante la spinta, eseguendo almeno tre controlli visivi (da PLC) nel corso del singolo avanzamento ed in cui sono determinate le azioni da attuare al superamento delle soglie fissate; controllo della taratura delle bilance con personale dedicato e responsabile allo svolgimento di questa attività. Tale controllo sarà eseguito almeno una volta al giorno (si presume con il primo turno di scavo) dal CS; qualora si riscontrassero anomalie durante la fase di scavo si ripeterà la taratura dello strumento prima di procedere con le lavorazioni. Nel capitolo 2.2 "Requisiti e Prescrizioni" si riporta in calce la procedura di calibrazione delle bilance sul nastro trasportatore.

- c) controllo continuo dei volumi e delle pressioni delle miscele di intasamento iniettate a tergo dei rivestimenti definitivi;
- d) controllo continuo dello scostamento della TBM dall'asse di progetto;
- e) controllo visivo del materiale estratto dalla camera di scavo per verificare l'effettiva efficacia del trattamento che si sta applicando sul materiale, con eventuale correzione dei valori di concentrazione dell'agente schiumogeno (e relativi FIR e FER) e/o quantità di polimero;
- f) controllo periodico dello stato di usura degli utensili di taglio della testa con particolare attenzione all'usura dei dischi periferici e delle pale di carico.

## 3. CONDIZIONI PROGETTUALI

### 3.1 CONDIZIONI AMBIENTALI

Lo scavo della galleria mediante TBM-EPB avviene con supporto del fronte di scavo mediante il materiale scavato, che transita nella camera di scavo ed è da questa evacuato in modo controllato, facendo in modo di assicurare una "corretta" pressione nella camera stessa, che è per l'appunto la pressione di supporto del fronte di scavo.

La pressione sul fronte di scavo deve essere esercitata da materiale di densità opportuna. Nella camera di scavo transita materiale costituito dal terreno naturale il quale è stato condizionato mediante schiume e/o polimero, secondo quantità e modalità dipendenti dalle caratteristiche fisiche e geotecniche del terreno che si sta scavando.

I parametri relativi all'ambiente in cui si svolgono le azioni che formano l'oggetto della procedura sono:

- Pressione di supporto del fronte di scavo
- Densità del materiale nella camera di scavo
- Pressione e volume della miscela cementizia iniettata
- Peso specifico dello smarino condizionato
- Peso del materiale scavato
- Condizionamento del terreno
- Situazioni potenzialmente pericolose che possono verificarsi durante lo scavo

### 3.2 REQUISITI E PRESCRIZIONI

#### *Pressione di supporto del fronte di scavo*

Il valore della contropressione di terra a supporto del fronte di scavo è fornito anticipatamente e per tratti di tunnel, congiuntamente a due valori uno di attenzione ed uno di allarme. I menzionati valori delle contropressioni verranno dedotti dalla relazione di calcolo per le diverse sezioni del profilo. I valori di soglia (attenzione ed allarme) sono valutati in modo che le contropressioni corrispondenti garantiscano comunque un adeguato coefficiente di sicurezza.

I due valori limite sono valutati come di seguito:

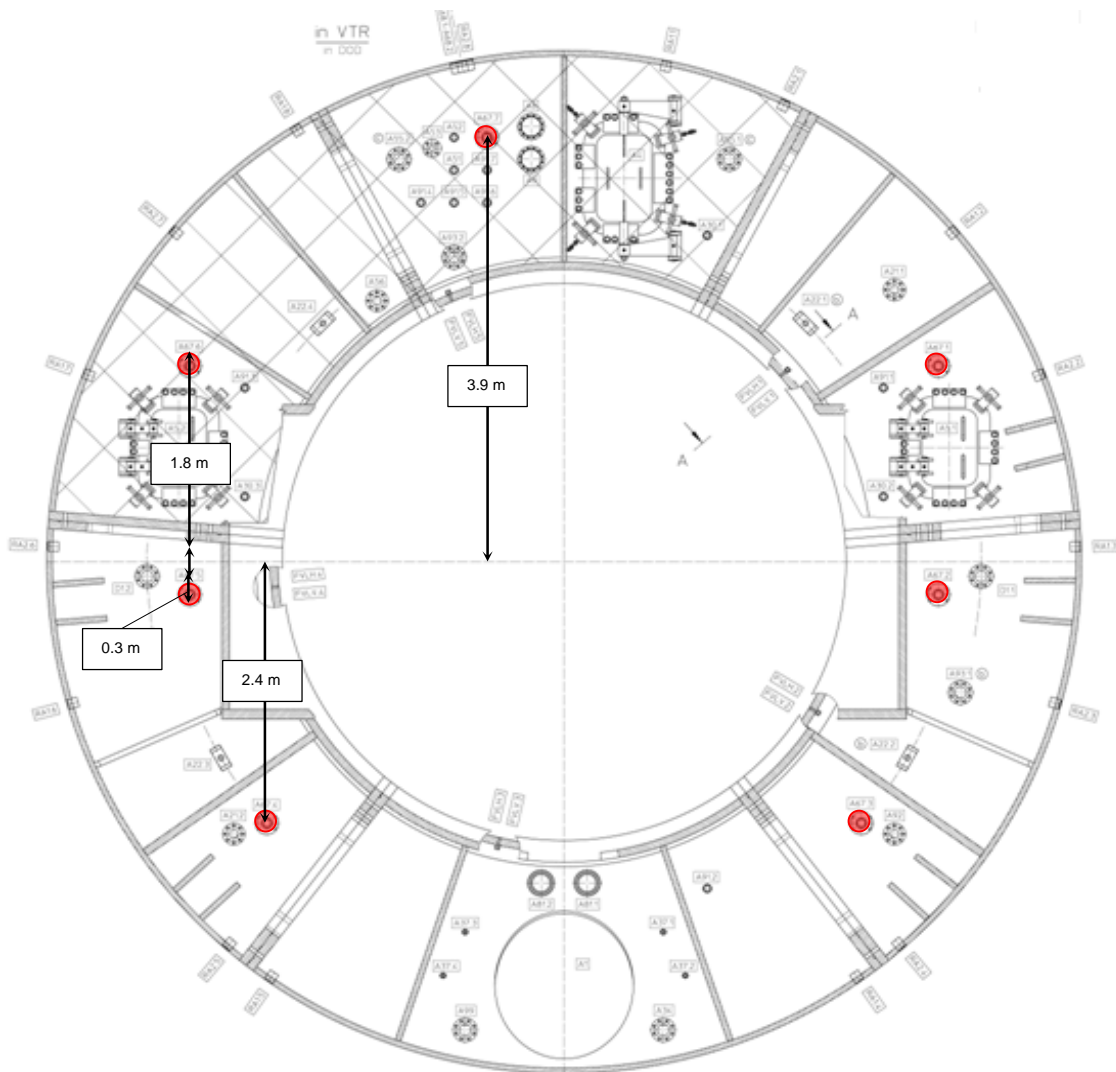
Attenzione	$> 1.2 P_D$	$< 0.9 P_D$ e $\geq P_w$ dove vi è possibilità di flusso idraulico
Allarme	$> 1.3 P_D$	$< 0.8 P_D$ e $\geq P_w$ dove vi è possibilità di flusso idraulico

essendo  $P_D$  la pressione di supporto di progetto e  $P_w$  la pressione dell'acqua. La pressione da considerare è quella relativa ai sensori di terra posti nella posizione più alta della camera di scavo (vedere Figura 3-1 e Figura 3-2 riguardante disposizione dei sensori sul Bulk-head).

Il controllo di tale parametro avviene in continuo durante lo scavo.

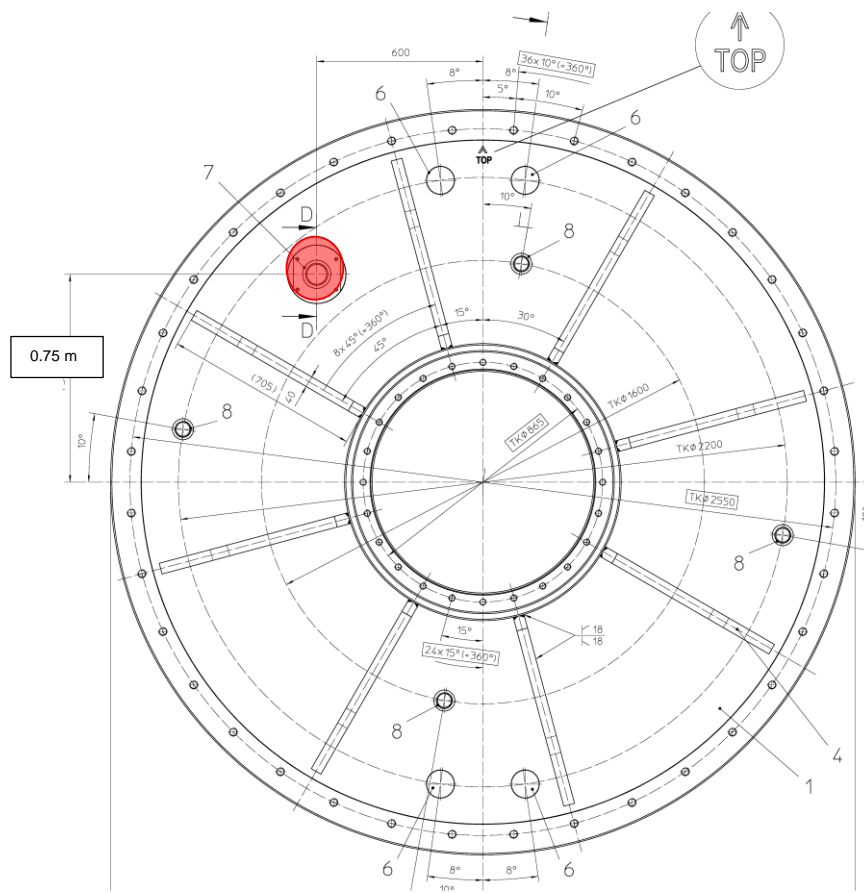
Così, ad esempio, per una pressione di supporto di progetto del fronte di scavo pari 0.6 bar. Risulta pertanto che ci si troverà di fronte a condizioni di attenzione ed allarme quando la media delle due pressioni misurate in calotta sarà:

Attenzione	$> 0.72 \text{ bar}$	$< 0.54 \text{ bar}$ ma comunque $\geq P_w$ dove vi è possibilità di flusso idraulico
Allarme	$> 0.78 \text{ bar}$	$< 0.48 \text{ bar}$ ma comunque $\geq P_w$ dove vi è possibilità di flusso idraulico



*Figura 3-1: Posizione dei sensori di controllo della pressione nel bulkhead*





**Figura 3-2: Posizione dei sensori di controllo della pressione nel bulkhead piatto centrale**

### Controllo della densità del materiale nella camera di scavo

La camera di scavo deve essere riempita di materiale sufficientemente addensato e stabile con “pulpy consistency” al fine di evitare che nella camera sia presente un miscuglio terra-schiuma-aria poco denso, la quale esercita una pressione di sostegno sul fronte di scavo pari a quella di progetto ma che in realtà può separarsi all’interno della camera di scavo in seguito a fermi prolungati per diverso peso specifico.

Si esegue il controllo del grado di riempimento nella camera di scavo mediante un parametro definito “densità apparente” ( $\gamma_{app}$ ). La determinazione di tale parametro avviene come rapporto tra la differenza di pressione misurata tra due coppie di sensori e la loro distanza verticale.

Operativamente si divide la differenza tra la pressione alla base ( $P_B$ ) e la pressione in calotta ( $P_T$ ) per la loro distanza in verticale ( $d$ ), ottenendo un valore  $\gamma_{app} = (P_B - P_T)/d$ .

La densità apparente è un parametro, puramente indicativo, del reale “buon” riempimento della camera di scavo ed i valori più appropriati di questo parametro possono essere definiti solo dopo un adeguato numero di avanzamenti.

La densità apparente così definita non ha esattamente il significato fisico di una densità in quanto il tipo di misura eseguito avrebbe senso solo in condizioni statiche. Essa tuttavia può aiutare ad accertare che il materiale presente nella camera di scavo sia realmente consistente e sia quindi in grado di supportare il fronte di scavo specialmente quando si arrestano le operazioni di scavo.

### Controllo del peso del terreno scavato

Il controllo della quantità di materiale estratto mediante la coclea è un aspetto dello scavo di fondamentale importanza potendo tramite esso controllare la possibilità che si producano sovrascavi o sottoscavi.

Due bilance saranno collocate sul nastro in corrispondenza dell'uscita della coclea, con il compito di misurare la portata di materiale estratto dalla coclea (tonnellate) e tramite PLC viene calcolato il peso cumulato per ciascun avanzamento e quindi il peso cumulato totale. *Al peso cumulato verrà sottratto il valore del peso dei liquidi utilizzati per il condizionamento del materiale al fronte, in camera di scavo e in coclea. Il valore di peso reale così ottenuto va confrontato con il valore teorico derivante dal prodotto dei metri avanzati e della densità prevista in sito.* Il software installato sul computer della TBM restituirà in tempo reale ed in continuo il valore del peso teorico e del peso reale del materiale estratto.

Detto  $P$  il peso reale scavato ad un certo avanzamento, si considerano quali valori di attenzione e di allarme rispetto ad esso, quelli derivanti dalla seguente tabella:

Attenzione	$P > 1.1 P_T$	$P < 0.9 P_T$
Allarme	$P > 1.2 P_T$	$P < 0.8 P_T$

essendo  $P_T$  il peso teorico da essere scavato.

Sarà redatta una tabella con i pesi teorici previsti ogni 10 cm di scavo in avanzamento.

Ipotizzando una densità in banco pari a  $2 \text{ ton/m}^3$ , ed essendo l'area della sezione di scavo pari a  $\sim 69.8 \text{ m}^2$  i valori di riferimento sono:

$$69.8 \text{ m}^2 \times 0.1 \text{ m} \times 2 \text{ ton/m}^3 = 13.9 \text{ ton} \rightarrow 10 \text{ cm}$$

$$69.8 \text{ m}^2 \times 0.2 \text{ m} \times 2 \text{ ton/m}^3 = 27.9 \text{ ton} \rightarrow 20 \text{ cm}$$

$$69.8 \text{ m}^2 \times 0.3 \text{ m} \times 2 \text{ ton/m}^3 = 41.9 \text{ ton} \rightarrow 30 \text{ cm}$$

$$69.8 \text{ m}^2 \times 0.4 \text{ m} \times 2 \text{ ton/m}^3 = 55.9 \text{ ton} \rightarrow 40 \text{ cm}$$

$$69.8 \text{ m}^2 \times 0.5 \text{ m} \times 2 \text{ ton/m}^3 = 69.8 \text{ ton} \rightarrow 50 \text{ cm}$$

$$69.8 \text{ m}^2 \times 0.6 \text{ m} \times 2 \text{ ton/m}^3 = 83.8 \text{ ton} \rightarrow 60 \text{ cm}$$

Ad esempio, dopo 50 cm di scavo, i valori di attenzione e di allarme (limiti superiori) sono rispettivamente:

$$P_{\text{att}} = 76.8 \text{ ton} / 50 \text{ cm}$$

$$P_{\text{all}} = 83.8 \text{ ton} / 50 \text{ cm}$$

Fissato il valore della densità in banco il PLC della TBM calcola automaticamente ed in continuo i valori i soglia di attenzione e di allarme sia inferiori che superiori.

### Pressione e volume della miscela cementizia iniettata

L'iniezione di riempimento del gap anulare a tergo dei conci dovrà essere controllata e monitorata sia in termini di pressioni di iniezione che di volume registrandone in continuo i parametri. Il valore teorico atteso del volume da iniettare nel gap anulare tra estradosso concio e terreno scavato (circa  $7,2 \text{ mc}$  considerando un perfetto stato dei dischi periferici) viene costantemente confrontato con quanto misurato dai flussometri posti sulle linee di iniezione.

Valori inferiori o superiori rispetto al teorico forniscono indicazioni sull'andamento dello scavo, avvertendo circa un eventuale sottoscavo o sovrascavo.

### **Controllo della calibrazione delle bilance sul nastro trasportatore**

Durante lo scavo risulta di fondamentale importanza il controllo del peso del materiale estratto dalla camera per mezzo della coclea ed evacuato a tergo della stessa per mezzo del nastro trasportatore.

A tale scopo la TBM risulta munita di n° 2 bilance per la pesatura dinamica dello smarino condizionato, montate sui supporti del nastro trasportatore presenti sul *back up* ed in grado di misurare il peso del materiale di scavo passante sul nastro stesso; la Figura 3-3 mostra la posizione delle bilance sul nastro trasportatore.

Le bilance dovranno essere mantenute in perfetta efficienza, e necessiteranno pertanto sia di manutenzione, che di calibrazione periodica.

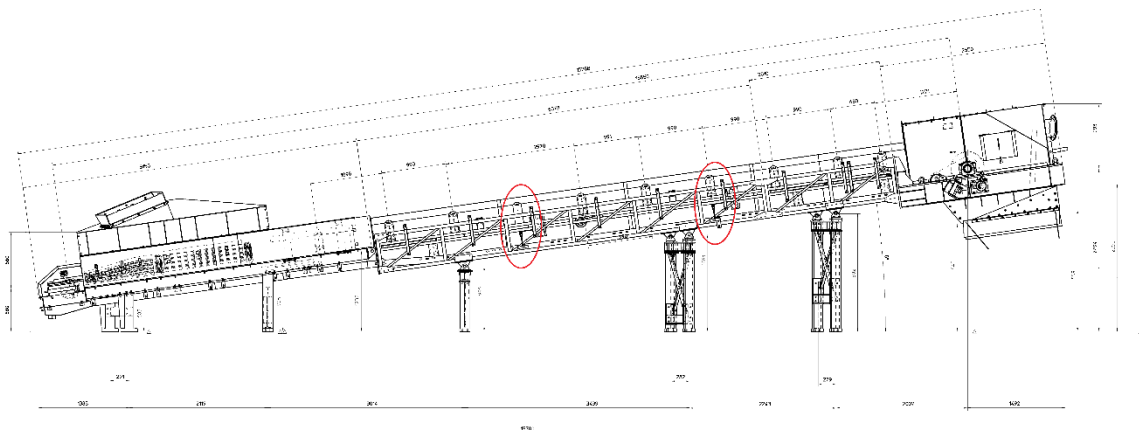
La manutenzione comprende tutti gli interventi mirati a mantenere in buona efficienza la strumentazione durante il suo funzionamento, quali:

- pulizia ed ingrassaggio dei rulli di appoggio del nastro trasportatore in corrispondenza dell'area di ubicazione delle bilance stesse;
- controllo del corretto tensionamento del tappeto che altrimenti potrebbe alterare la precisione di lettura delle bilance;
- pulizia con conseguente rimozione dell'eventuale materiale di scavo accumulatosi tra i rulli di supporto del nastro e la barra trasversale di supporto delle bilance;
- controllo (ed eventuale sostituzione) delle parti meccaniche relative al sistema di pesatura;
- controllo (ed eventuale sostituzione) delle parti elettriche ed elettroniche relative al sistema di pesatura.

La calibrazione consente di "riallineare" le bilance a seguito di eventi diretti ed indiretti che ne potrebbero aver variato il corretto funzionamento.

Le metodologie relative alla taratura e calibrazione delle bilance sono riportate all'interno del manuale di uso e manutenzione del fornitore, inserite all'interno del piano di qualità. Nello stesso piano di qualità è inserita anche la frequenza di tali verifiche.

CS avvertirà OT dell'avvenuta calibrazione delle bilance. Il tutto avverrà sotto la supervisione del responsabile di turno.



**Figura 3-3: Posizione delle bilance sul nastro trasportatore**

### **Controllo dello scostamento della TBM dall'asse teorico**

Durante ogni scavo l'OT controllerà tramite il sistema di guida VMT l'avanzamento della TBM rispetto all'asse teorico nel rispetto dei parametri topografici impostati.

Qualora si verificasse qualche anomalia l'OT avvertirà il topografo, ed eventualmente il RP, al fine di controllare lo strumento e verificare la natura di questa.

Tutti gli scostamenti massimi rispetto all'asse teorico verranno registrati per ogni scavo effettuato.

Di seguito sono riportati i valori limite per la soglia di attenzione e di allarme per lo scostamento dell'asse del tunnel dall'asse teorico in direzione verticale ed orizzontale:

SOGLIA DI ATTENZIONE: 7 cm

SOGLIA DI ALLARME: 9 cm

in modo da avere il tempo necessario per poter intervenire sul sistema di guida per riportare la TBM in una posizione all'interno delle tolleranze previste.

### **Controllo periodico dello stato di usura utensili di taglio e testa fresa**

Periodicamente vengono programmate dei fermi della TBM durante i quali viene realizzata l'ispezione dello stato di usura degli utensili di taglio presenti sulla testa della fresa e la loro eventuale sostituzione. Il fermo della TBM per la revisione degli utensili di taglio deve essere fatto in maniera tale da garantire l'entrata in camera di scavo del personale in condizioni di sicurezza, previo accesso alla camera iperbarica e trattamento/impermeabilizzazione all'aria opportuna del fronte di scavo.

Tali attività di controllo periodico dello stato di usura degli utensili di taglio saranno registrate nel rapporto di scavo emesso al termine di ogni singolo avanzamento.

## **4. ORGANIZZAZIONE E MATERIALI PER LO SCAVO DELOLA GALLERIA**

### **4.1 PERSONALE E RUOLI DI RIFERIMENTO**

Le funzioni che le diverse figure svolgono nell'ambito della lavorazione oggetto della presente procedura sono descritte nel seguito.

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.

Il **Direttore 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.

Il **Responsabile Monitoraggio Galleria (TBM) (RMG)** è alle dirette dipendenze del DTCCG; sovrintende alla produzione delle macchine e monitora i parametri macchina anche in relazione al monitoraggio esterno.

Il **Capo Cantiere Galleria (CCG)** riferisce direttamente al DTCCG, coordina lo sviluppo delle opere previste nella progettazione logistica del cantiere; valuta lo stato dei mezzi operativi pervenuti in cantiere; esamina le documentazioni pervenute inerenti i mezzi; stabilisce la formazione delle squadre di lavoro ed assegna i mezzi, attrezzature ed istruzioni relative agli specifici compiti, gestisce la movimentazione dei mezzi in cantiere e costituisce il riferimento operativo per i fornitori, collabora con RP nell'approvvigionamento dei materiali d'opera. Sovrintende sia alla produzione che alla manutenzione delle macchine; garantisce durante il cambio turno che le informazioni vengano correttamente trasmesse tra le maestranze.

Il **Responsabile della produzione in sotterraneo (RP)** riferisce direttamente al CCG ed è responsabile dell'esecuzione di tutti i lavori in sotterraneo, di tutti i lavori preparatori e degli approvvigionamenti necessari all'esecuzione dei lavori.

Il **responsabile di turno (CS = Capo Squadra)** è responsabile per l'esecuzione delle seguenti operazioni:

- organizzazione delle attività lavorative strettamente connesse allo scavo;
- montaggio dell'anello di rivestimento.

L'**operatore della TBM (OT)** è responsabile delle seguenti operazioni:

- controllo della pressione di supporto del fronte;
- controllo del peso e dei volumi del materiale estratto dalla camera di scavo;
- condizionamento del terreno di scavo secondo le istruzioni fornitegli dal CS;
- controllo dell'insorgenza di situazioni anomale nello scavo;
- controllo dei parametri topografici e dello scostamento dall'asse teorico rispetto ai parametri di progetto.

L'**operatore del grouting di riempimento a tergo del rivestimento (OG)** è responsabile delle seguenti operazioni:

- controllo approvvigionamento malta;
- controllo della pressione di iniezione;
- controllo del volume iniettato.

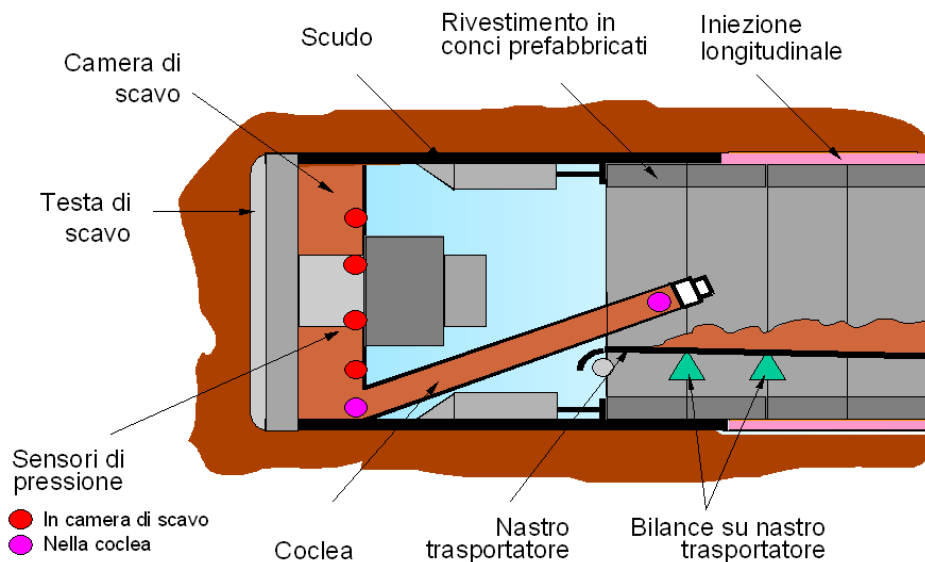
## 4.2 MEZZI OPERATIVI/COMPONENTI TBM

I mezzi/macchinari necessari alle azioni oggetto di questo documento sono tutti quelli che compongono la TBM con Back Up relativo ed in particolare, quelli che entrano nella procedura presente sono:

- Testa di scavo TBM;
- Camera di scavo TBM - ospita il terreno estratto dal fronte fornendogli un supporto;
- Coclea di estrazione - evacua il materiale (terreno condizionato) dalla camera di scavo;

- Bilance su nastro trasportatore - forniscono il valore del peso cumulato per ciascuno scavo e la portata istantanea del nastro;
- Sensori di pressione - forniscono i valori della pressione di supporto del fronte come pressione di terra nella camera di scavo;
- Erettore dei conci di rivestimento - opera il posizionamento dei conci di rivestimento consentendo il montaggio dell'anello di rivestimento.
- Linee per l'applicazione di schiume e/o polimero 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).

Nella figura seguente si riporta la schematizzazione dei componenti TBM sopra elencati, per una dettagliata descrizione di tutti i componenti TBM si rimanda al "Manuale della TBM".



*Figura 4-1: Schema concettuale di una TBM-EPB con evidenza dei principali componenti*

### 4.3 MATERIALI IMPIEGATI

I principali materiali oggetto della presente procedura sono quelli necessari per il condizionamento del terreno, il grasso di coda e la malta di intasamento:

**Schiuma derivata da tensioattivo:** 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 sostegno sul fronte;
- ridurre la coppia sulla testa di scavo;
- favorire il movimento del materiale condizionato in direzione delle pale di carico
- ridurre la permeabilità del terreno nella camera di scavo;

- ridurre la coppia sulla coclea di estrazione rendendo più facile l'estrazione di materiale da parte di questa;
- ridurre l'attrito sulla testa di scavo con conseguente riduzione dell'usura degli utensili di scavo.

Le caratteristiche della schiuma prodotta vengono decise 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, concentrazione del tensioattivo, FER e FIR, da utilizzare per la produzione della schiuma da iniettare al fronte e/o in camera di scavo.

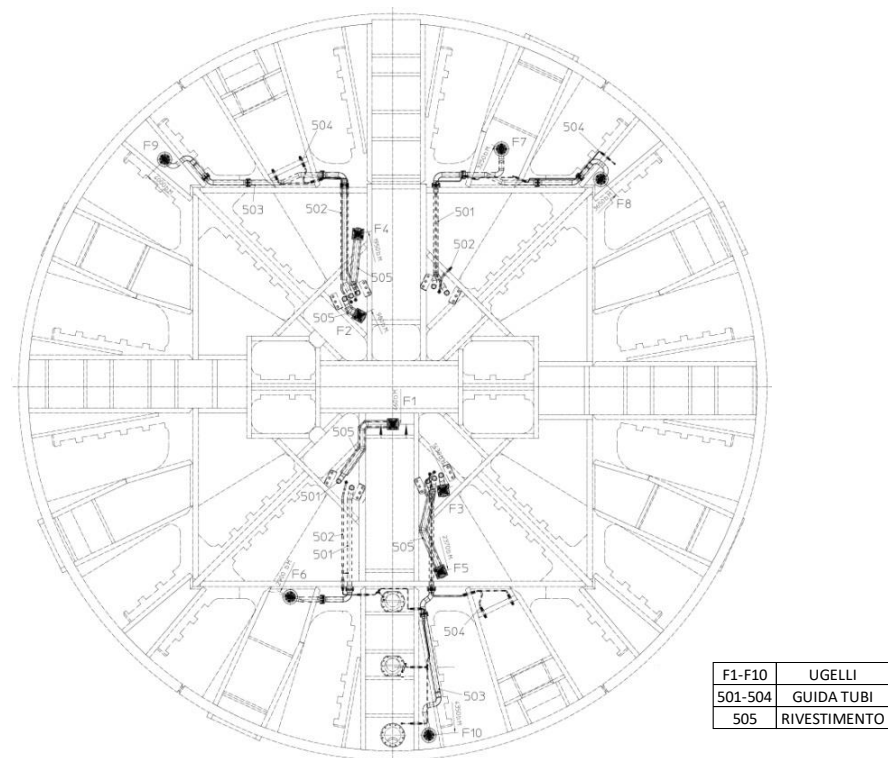
**Bentonite:** può essere usata per far fronte alla seguente casistica:

- rendere il fronte di scavo impermeabile all'aria compressa e quindi permettere lo svuotamento della camera al fine delle operazioni di manutenzione straordinaria;

**Polimero:** può essere utilizzato in fase di condizionamento del terreno con funzione di stabilizzante della schiuma. In casi eccezionali il polimero può essere pompato all'interno della camera di scavo per assorbire parzialmente l'acqua in eccesso presente nello smarino per riportarlo ad una consistenza utile affinché lo smarino possa esercitare la pressione di sostegno del fronte in modo uniforme. Il polimero può essere utilizzato nella soluzione acqua+tensioattivo per produrre una schiuma con le bolle d'aria più resistenti in modo da allungarne la semivita e quindi la stabilità all'interno della camera di scavo una volta legata con le parti fini del materiale che si sta scavando. Può essere pompato al fondo della coclea per formare un "plug" per evitare ingressi improvvisi e sifonamento dell'acqua di falda attraverso la coclea stessa in direzione dell'interno della TBM.

Può essere iniettato, una volta idratato, come supporto del fronte, gestito dal sistema AFS montato sulla macchina, in caso di riduzione della pressione di sostegno del fronte inferiore alla soglia di allerta.

Può essere iniettato idratato al contorno dello scudo a scopo lubrificante o di controllo del gap intorno allo scudo. I volumi e le pressioni d'iniezione sono controllate dall'operatore direttamente sul monitor all'interno della cabina di guida. I parametri d'iniezione sono registrati e riportati sul rapporto emesso al termine dello scavo dell'anello. L'iniezione del lubrificante intorno allo scudo della TBM sarà limitato ai casi in cui le condizioni di scavo siano riconducibili ad una situazione anomala, come indicato di seguito.



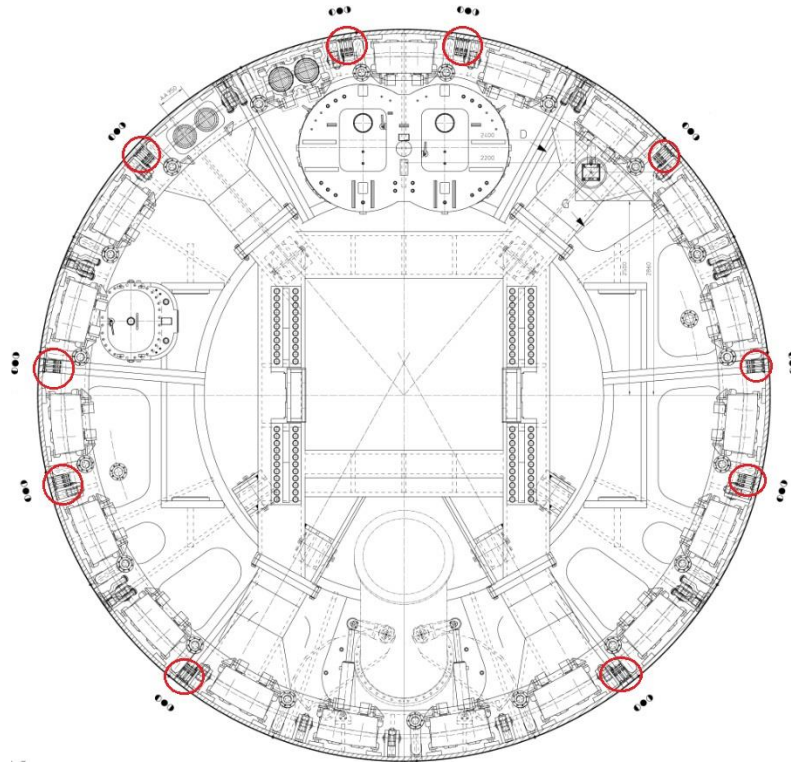
**Figura 4-2 – Disposizione ugelli per condizionanti in camera di scavo**

**Grasso di coda e altri:** il grasso di coda 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.

I volumi e le pressioni del sigillante di coda, WR89NG, per singola linea e cumulativa sono monitorati dall'operatore in fase di scavo e riportati nel rapporto di scavo riferito all'anello scavato.

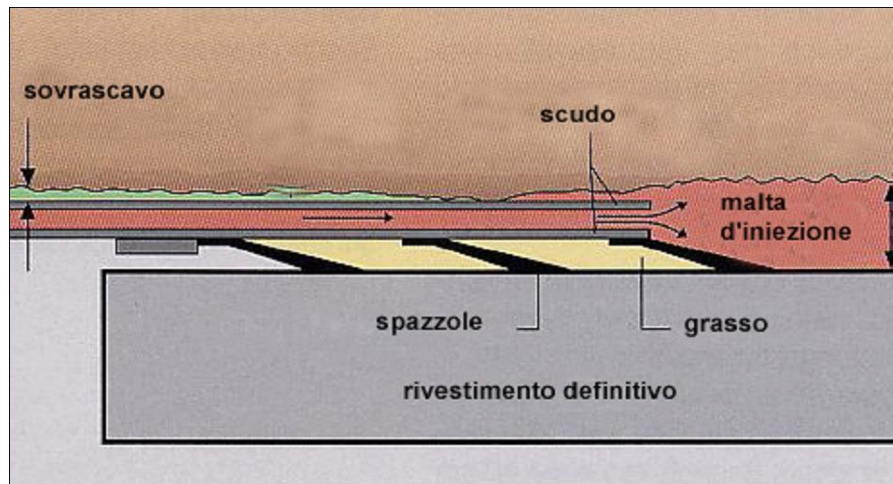
Anche i volumi e le pressioni con cui sono iniettati i grassi, HBW sigillante all'interno del labirinto del *maindrive*, e GR217-EP2, come lubrificante delle guarnizioni, sono monitorati costantemente dall'operatore in fase di scavo e riportati nel rapporto finale di scavo dell'anello.





*Figura 4-3 – Disposizione linee grasso di coda*

**Miscela Bicomponente:** miscela cementizia a presa ritardata (componente A) e accelerante (componente B – silicato di sodio) impiegata per riempire il gap anulare tra l'estradosso del rivestimento in conci prefabbricati ed il profilo di scavo (si veda lo schema riportato nella figura seguente ). La miscela iniettata deve avere una ottima viscosità Marsh in modo da poter essere pompata facilmente senza segregare e minimizzare i problemi di intasamento delle linee di iniezione. In parallelo, una volta miscelato con il componente B, deve avere buone caratteristiche meccaniche per garantire il supporto immediato degli anelli ed evitare deformazioni del materiale in situ.



*Figura 4-4: Schema illustrativo dell'iniezione longitudinale dalla coda dello scudo TBM*

#### 4.4 CONTROLLI, MONITORAGGI E PARAMETRI FRESA

I controlli sono costituiti dalle seguenti azioni e dai corrispondenti addetti:

- Monitoraggi di superficie e misura dei cedimenti (Unità operativa UO + Unità di supporto tecnico US);
- Graficizzazione dati delle TBM (US);
- Analisi dei parametri di macchina e dati di monitoraggio per progettazione di dettaglio ciclica (Progettista);
- Elaborazione rapporti giornalieri (RMG).

## 5. METODOLOGIA OPERATIVA

### 5.1 DEFINIZIONE DELLE CONDIZIONI NORMALI ED ANOMALE

Le configurazioni/condizioni considerate per l'avanzamento dello scavo sono di seguito elencate:

- Condizioni normali;
- Fermi macchina e ripresa avanzamenti dopo manutenzione;
- Condizioni anomale.

Si considerano **condizioni normali** di scavo tutte le condizioni che presentano i parametri caratteristici dello scavo con TBM entro i limiti di attenzione.

Tra le condizioni di scavo normali sono comprese anche quelle conseguenti alla ripresa degli avanzamenti dopo interventi di manutenzione in camera di scavo.

Si considerano **condizioni anomale**:

- venute d'acqua in pressione – sifonamento – attraverso la coclea di estrazione;
- oscillazioni improvvise del valore della coppia sulla testa di scavo;
- blocco della testa di scavo;
- blocco degli scudi;
- blocco della coclea;
- anomali valori delle pressioni in camera di scavo;
- peso del materiale estratto dalla coclea oltre i limiti di attenzione;
- mancato raggiungimento della pressione di iniezione e/o del volume di malta iniettata a tergo del rivestimento;
- scostamento dall'asse teorico della TBM;
- formazione del cuscinio d'aria in calotta all'interno della camera di scavo;
- segregazione dello smarino all'interno della camera di scavo.

### 5.2 PARAMETRI DI CONTROLLO DELLO SCAVO

L'operatore TBM (OT), attraverso l'esame dei parametri di controllo dello scavo a sua disposizione e dei relativi limiti di soglia e di allarme, verifica se si sta procedendo in una condizione normale (4.3) od anomala (4.5) .

I parametri da verificare sono i seguenti:

- pressione di supporto del fronte (pressione della terra nella camera di scavo fornita dai sensori di terra);
- pressione e volume di iniezione minima e massima della malta di intasamento a tergo del rivestimento (comunicata da RP);
- peso del materiale da scavare con i relativi valori di attenzione e allarme (comunicata da RP);
- scostamento dall'asse teorico del tunnel;
- pressione di pompaggio del sigillante di coda;
- pressione di pompaggio del grasso del maindrive;
- valori di spinta;
- valori di coppia della TBM;
- velocità di avanzamento;
- parametri di condizionamento;
- pressione del terreno intorno al cavo.

L'inizio delle operazioni di scavo è subordinato alla verifica dei dati sopra menzionati, nonché alla verifica continua dell'assenza di anomalie alla parte elettrica e meccanica della TBM.

## 5.3 AVANZAMENTO IN CONDIZIONI NORMALI

Le tre principali operazioni che compongono il ciclo produttivo sono:

- scavo di avanzamento e contestuale intasamento con malta cementizia a tergo del rivestimento
- montaggio dell'anello di rivestimento in conci prefabbricati.

### 5.3.1 Scavo di avanzamento

La sequenza delle operazioni preliminari che OT pone in essere è la seguente:

- avviamento dei motori elettrici e delle centraline idrauliche necessarie alle operazioni di scavo;
- avviamento dell'impianto per l'iniezione di schiume e/o polimero direttamente sul fronte di scavo e/o nella camera di scavo e/o nella coclea di estrazione;
- avviamento della rotazione testa di scavo fino al raggiungimento della velocità di rotazione prevista;
- messa in pressione dei cilindri di spinta (il sistema di spinta non si attiva se non si avvia precedentemente la rotazione della testa).

Con l'avviamento della coclea di estrazione inizia l'evacuazione controllata del materiale dalla camera di scavo. Il controllo della portata, che avviene tramite regolazione della velocità di rotazione (variabile da 0 a 22 rpm) è finalizzato al mantenimento in camera di scavo della pressione prevista in progetto per il supporto del fronte di scavo.

OT regolerà la velocità di rotazione della coclea in funzione della velocità di penetrazione della TBM, Alla partenza della TBM la coclea è ferma fino a quando la pressione all'interno della camera di scavo non ha raggiunto quella teorica di sostegno del fronte. Una volta raggiunta la pressione l'OT comincia ad estrarre il materiale condizionato in una quantità tale da non alterare in positivo e in negativo la pressione all'interno della camera di scavo. La velocità di rotazione della coclea e quindi di estrazione aumenterà o diminuirà in funzione di quella dell'avanzamento della TBM

Compito di OT è di mantenere il più possibile questa condizione di "equilibrio", agendo come descritto più avanti in questa procedura.

Si impone alla TBM direzione e posizione regolando la pressione sui cilindri di spinta. Il sistema di guida della TBM, VMT, visualizza, graficamente e numericamente ed in continuo, la posizione della TBM (del suo asse geometrico) in relazione all'asse del tracciato del tunnel in maniera che OT abbia un riferimento costante.

Il sistema di guida fornisce inoltre la posizione assoluta nelle tre coordinate spaziali di un punto in asse sulla coda dello scudo e di un punto in asse in prossimità della testa di scavo, l'inclinazione verticale ed orizzontale dell'asse della TBM relativamente alla posizione teorica dell'asse e la rotazione dello scudo intorno al proprio asse.

In particolar modo OT può visualizzare, istante per istante, dallo schermo della sua HMI presente in cabina, lo scostamento (verticale ed orizzontale) del centro della testa di scavo e lo scostamento del centro della sezione terminale dello scudo dell'asse teorico della galleria. Il sistema di guida visualizza graficamente e numericamente la "tendenza" verticale ed orizzontale della TBM in relazione all'asse teorico e anche il rollio dello scudo, calcolando eventuali curve di correzione visualizzando la posizione della TBM relativamente a detta curva di correzione.

Ogni 300/400 metri verrà posizionato dal topografo un caposaldo lungo la galleria scavata; ogni 4 nuovi capisaldi il topografo effettuerà un controllo interno dell'asse galleria tramite lettura della poligonale esterna al fine di verificarne la bontà. Il confronto finale con i rilievi topografici potrà essere effettuato una volta terminato lo scavo dell'intera canna. Giunti ad una estensione dei cilindri di spinta pari a 1,50 m, OT arresta l'afflusso dei materiali di condizionamento del terreno),

riduce la velocità di rotazione della testa fino ad arrestarla, riduce la pressione di spinta sui martinetti e la velocità di rotazione della coclea di estrazione fino ad arrestarla, chiude la porta posteriore a tenuta della coclea e la fase di scavo è così terminata.

Qualora la pressione di scavo nel sensore di calotta raggiunga il valore progettuale di attenzione l'OT avviserà immediatamente il CS.

Al raggiungimento del valore di allarme progettuale il CS avviserà il CCG ed il RP e si attiveranno immediatamente le opportune azioni per ripristinare la situazione (vedi cap. 4.5).

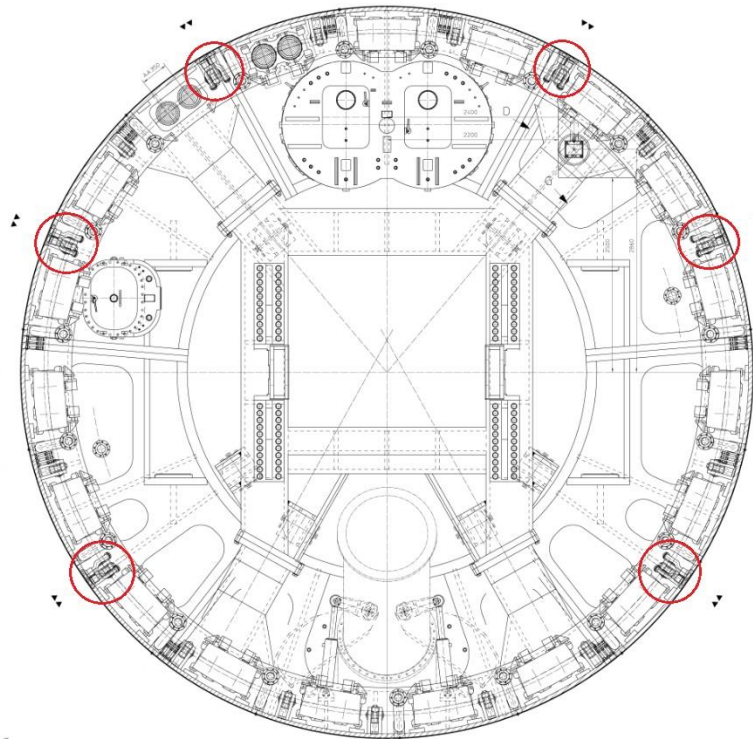
### **5.3.2 Intasamento con miscela bicomponente a tergo del rivestimento.**

Durante l'intera fase di scavo e simultaneamente all'avanzamento della TBM, viene iniettata la miscela bicomponente a tergo del rivestimento. Tramite le pompe di iniezione si immette la miscela attraverso le sei linee costituite da tubazioni terminanti oltre tre serie di spazzole metalliche ed una di lamierini montate sulla circonferenza dello scudo e tra le quali è iniettato con continuità grasso. L'iniezione avviene in corrispondenza dell'estremità dello scudo, direttamente sulla superficie esterna del rivestimento galleria in conci prefabbricati. Le linee di iniezione installate sullo scudo sono dotate di una seconda tubazione (di riserva) sulla quale deviare il flusso della malta in caso di blocco della tubazione in uso.

Il controllo dei volumi di malta iniettata a tergo dei conci è fondamentale per il controllo degli assestamenti del terreno in superficie. Il volume teorico da iniettare, nelle condizioni ideali con i denti di scavo all'100% di utilizzo, è pari a 7,2 mc per anello.

In funzione della lunghezza realmente scavata (+/- 1500 mm), se il tracciato è dritto o in curva, del comportamento del materiale scavato, del consumo dei denti perimetrali, la quantità reale potrà variare. La variabile più importante può essere il consumo dei denti, sapendo che un consumo dei denti perimetrali di tre centimetri fa diventare il consumo teorico di 5,9 mc per anello.

L'iniezione a tergo dei conci si farà attraverso sei posizioni (vedere figura sotto) e nel caso una delle canne sia tappata si sostituirà immediatamente con quella di riserva.



**Figura 5-1 - Disposizione linee iniezione gap anulare**

Il pompaggio della miscela bicomponente inizia contemporaneamente alla partenza della TBM.

L'attività di OT e OG dovrà essere strettamente coordinata e i due dovranno comunicare via telefono sulle varie fasi di lavoro.

L'OT dal monitor di gestione del sistema d'iniezione verifica costantemente i volumi iniettati, le pressioni, su ogni linea, la velocità di avanzamento della TBM e i volumi teorici progressivi in funzione della velocità di avanzamento della TBM. In questo modo il gap anulare è riempito con la quantità teorica di bicomponente sempre in funzione della pressione. I dati d'iniezione, volumi e pressione, su ogni singola linea e cumulativi, sono riportati nel rapporto di fine scavo con indicato il numero di anello il cui gap anulare è stato riempito.

L'intasamento a tergo dei conci si arresta a fine scavo.

I valori di pressione minimi e massimi validi per ciascuna tratta omogenea saranno forniti insieme ai valori di pressione di sostegno al fronte in apposito documento progettuale.

Qualora la pressione od il volume di iniezione a tergo non raggiungessero i valori progettuali l'OT avviserà immediatamente il CS e verranno attivate le opportune azioni per ripristinare la situazione.

Al perdurare di tale condizione anomala verrà immediatamente avvisato il CCG prima ed il RP dopo.

### **5.3.3 Montaggio dell'anello di rivestimento in conci prefabbricati**

Il sistema di guida della TBM è dotato di software che consente di calcolare la posizione ottimale dell'anello da montare in modo da garantire la corrispondenza dell'asse della galleria all'asse teorico entro le tolleranze di progetto secondo la logica dell'anello "universale":

- OT inserisce nel computer della TBM i dati che gli consentiranno di valutare la "posizione" con la quale dovrà essere montato l'anello di rivestimento, il computer fornisce la posizione del concio di chiave cui corrisponde una data sequenza di montaggio dell'anello;

- i conci di rivestimento sono posizionati, alla fine dello scavo, secondo la corretta sequenza di montaggio, nella zona di alimentazione e pronti per essere agganciati dall'erettore con il quale si procederà al montaggio dell'anello;
- OT comunica all'operatore dell'erettore la posizione dell'anello da montare e questi inizia il montaggio dell'anello con il concio che si trova in posizione opposta alla chiave;
- mediante l'erettore viene agganciato il concio e contemporaneamente vengono retratti i cilindri di spinta in corrispondenza della posizione in cui andrà montato detto concio;
- il concio è accostato all'anello precedentemente montato nella posizione in cui dovrà essere fissato opportunamente;
- i cilindri, precedentemente retratti vengono riaccostati sul nuovo concio montato;
- con la medesima procedura si esegue il montaggio degli altri conci fissandoli all'anello precedente e tra di loro tramite connettori meccanici in direzione longitudinale (tra anello e anello), e bulloni in direzione radiale (tra concio e concio);
- alla fine si monta la chiave; (tot. 6 + 1 conci di rivestimento);
- viene in ultimo collocato un ulteriore pezzo prefabbricato sul concio di base che funge da supporto per i binari di linea dove oltre ai treni scorre parte del backup.

Qualora il sistema di guida evidenzia uno scostamento dall'asse teorico oltre il limite di tolleranza, l'OT informerà immediatamente il CCG ed il RP e verranno attuate le opportune manovre operative correttive. Al persistere di tale anomalia topografica lo scavo verrà arrestato e verrà avvisato il DTCCG.

I valori limite di *gap* e *offset* per il montaggio dei conci di rivestimento sono, in realtà, determinati dalla tenuta idraulica delle guarnizioni; essi sono pari a 7 e 10 mm, rispettivamente (rif. NF1W.00.E.ZZ.CL.GN0100.001).

All'inizio dello scavo il treno di produzione è posizionato in galleria con:

- n° 3 vagoni (piattine) porta conci, posti in corrispondenza della zona movimentazione conci; durante lo scavo i conci vengono scaricati dalle piattine e disposti su di un alimentatore in prossimità dell'erettore;
- n° 1 piattina porta-materiali;
- n° 1 piattina con porta-persone e barella.

## 5.4 FERMI MACCHINA

Le frese EPB si possono fermare principalmente nelle seguenti situazioni:

1. fermo che non prevede lo svuotamento della camera di scavo;
2. fermo di qualsiasi natura che include lo svuotamento parziale o totale della camera di scavo (in generale per ispezione fronte e manutenzione utensili di taglio testa).

In funzione della presenza di falda o no vengono adottate per ogni tipo di fermo le procedure riportate di seguito.

### 5.4.1 Fermo senza svuotamento della camera di scavo:

#### 5.4.1.1 In presenza di falda (terreno a permeabilità elevata)

L'operatore della fresa OT completa il turno di lavoro con la realizzazione dell'ultima spinta nelle condizioni di pressioni di scavo previste per ogni tratta nell'elaborato di dettaglio.

OT, che rimarrà in permanenza sulla macchina anche durante il fermo, dovrà verificare che la pressione al fronte rimanga all'interno dell'intervallo prefissato; se necessario, quando la pressione dovesse scendere per effetto del normale "rilassamento" al di sotto del valore di attenzione, il sistema AFS (Active Face Support) di cui è dotata la TBM, inietterà automaticamente in camera (o l'OT manualmente) una *slurry* polimerica naturale atta a ristabilire i valori di pressione all'interno del *range* prefissato. Il sistema AFS si attiva nel momento in cui il valore di pressione di sostegno del fronte raggiunge

il valore di allerta e si arresta quando tale valore raggiunge quella di progetto. I volumi iniettati sono monitorati da flussometri che ne registrano le quantità iniettate e sono registrate nel rapporto di scavo dove è indicato anche il numero di anello.

La ripartenza inizierà girando la testa ed eventualmente spingendo sul fronte prima d'attivare la coclea, per aumentare la pressione sui sensori fino a quando si raggiunge la situazione prevista per lo scavo, solo in quel momento si inizierà lo smarino.

Durante un fermo prolungato della TBM, l'eventuale ingresso di modeste quantità di acqua nella parte alta della camera di scavo potrà essere gestito attraverso l'iniezione di polimero naturale al fine di assorbirla e garantire la "pulpy consistency" dello smarino.

Il responsabile di tutto il processo descritto è l'OT coadiuvato eventualmente dal CS.

#### **5.4.1.2 In assenza di falda (terreno a permeabilità bassa)**

Tutto si svolgerà come già indicato; il corretto condizionamento garantirà una consistenza dello smarino tale da evitarne variazioni delle caratteristiche di plasticità e di stabilità all'interno della camera di scavo. E' comunque possibile, viste le dimensioni della camera di scavo e dei volumi in gioco, che un assestamento fisiologico possa avvenire con abbassamento delle pressioni di confinamento misurate nei sensori posizionati nella parte alta del *bulkhead*. Per riportare le pressioni di terra ad un valore corretto una *slurry* polimerica naturale sarà pompata in automatico all'interno della camera di scavo tramite sistema AFS.

Se necessario questa operazione automatica sarà implementata da OT tramite iniezione manuale.

La ripartenza inizierà girando la testa ed eventualmente contemporaneamente spingendo sul fronte senza attivare la coclea per aumentare la pressione sui sensori fino al valore previsto per lo scavo da effettuare.

Il responsabile di tutto il processo descritto è l'OT coadiuvato eventualmente dal CS.

### **5.4.2 Fermo con svuotamento della camera di scavo:**

#### **5.4.2.1 In presenza di falda (terreno a permeabilità elevata)**

In generale lo svuotamento (parziale o totale) della camera di scavo viene effettuato per poter realizzare i ciclici interventi di ispezione e manutenzione della testa. In questi casi, personale addestrato dovrà entrare in camera di scavo, che si trova ad una pressione superiore rispetto quella atmosferica, e ciò verrà fatto previo passaggio all'interno della camera iperbarica.

Per mettere in sicurezza la camera di scavo garantendo sostegno continuo del fronte, contemporaneamente all'estrazione di materiale tramite coclea, viene immessa aria in pressione all'interno della camera di scavo stessa. Ad ogni modo bisogna garantire che l'aria immessa non si disperda nell'ammasso e per tale ragione, in funzione della granulometria e quindi della permeabilità del terreno, saranno adottate procedure standardizzate.

Nel caso di terreni con una permeabilità alta l'operatore della fresa negli ultimi 30 cm di scavo, dopo aver sospeso l'iniezione di tensioattivi, inizia a pompare sul fronte di scavo bypassando i generatori di schiuma, una *slurry* bentonitica all' 8% - 10% in modo da creare un pannello di bentonite sul fronte di scavo. Tale spessore dipenderà dalla permeabilità del materiale in situ, maggiore è la permeabilità e più possibilità avrà la *slurry* bentonitica di penetrare all'interno del terreno.

La ripartenza avviene iniziando a scavare senza evacuare il terreno dalla coclea in modo che, aprendo le valvole per la fuoriuscita dell'aria all'interno della fresa, il vuoto venga progressivamente riempito dal terreno.

La coclea verrà aperta, e quindi si inizierà lo smarino, quando la pressione dei sensori superiori risulta di poco superiore a quella di riferimento.



Il responsabile di tutto il processo descritto è l'OT coadiuvato eventualmente dal CS.

#### **5.4.2.2 In assenza di falda (terreno a permeabilità bassa)**

L'operatore della fresa completa il turno di lavoro con la realizzazione dell'ultima spinta nelle condizioni di pressioni di scavo previste per ogni tratta nell'elaborato di dettaglio.

Dopo di che si farà funzionare la coclea, svuotando dalla testa la quantità di marino necessaria per raggiungere il livello ottimale che permetta di eseguire l'intervento nella testa.

Contemporaneamente allo svuotamento si riempie il vuoto che si crea con aria in pressione a valori indicati dal progetto di dettaglio, in modo da garantire la stabilità del fronte. Anche in questo caso, per effettuare l'intervento nella testa, si dovrà fare uso della camera iperbarica.

Ad ogni modo in situazioni come queste con ammassi aventi permeabilità bassa, l'aria pompata all'interno della camera di scavo si disperde in una quantità accettabile anche a vantaggio del ricircolo per la qualità dell'aria respirabile. In questo modo, oltre a garantire la stabilità del fronte, si annulla il flusso di acqua di falda in direzione della macchina di scavo.

La ripartenza avviene iniziando a scavare senza asportare terreno in modo che, aprendo le valvole per la fuoriuscita dell'aria all'interno della fresa, il vuoto venga progressivamente riempito dal terreno.

Il responsabile di tutto il processo descritto è l'OT coadiuvato eventualmente dal CS.

#### **5.4.2.3 In assenza di falda (terreno a permeabilità elevata)**

Nel caso di assenza di falda con terreno a permeabilità elevata, per mettere in sicurezza la camera di scavo garantendo sostegno continuo del fronte, contemporaneamente all'estrazione di materiale tramite coclea, viene immessa aria in pressione all'interno della camera di scavo stessa. Per garantire che l'aria immessa non si disperda nell'ammasso l'operatore della fresa negli ultimi 30 cm di scavo, dopo aver sospeso l'iniezione di tensioattivi, inizia a pompare sul fronte di scavo una *slurry* bentonitica, in modo da creare un pannello di bentonite sul fronte di scavo. Tale spessore dipenderà dalla permeabilità del materiale in situ, maggiore è la permeabilità e più possibilità avrà la *slurry* bentonitica di penetrare all'interno del terreno. Grazie all'assenza d'acqua la *slurry* bentonitica penetrerà con maggior facilità.

La ripartenza avviene iniziando a scavare senza asportare terreno in modo che, aprendo le valvole per la fuoriuscita dell'aria all'interno della fresa, il vuoto venga progressivamente riempito dal terreno.

La coclea verrà aperta, e quindi si inizierà lo smarino, quando la pressione dei sensori superiori risulta di poco superiore a quella di riferimento.

Il responsabile di tutto il processo descritto è l'OT coadiuvato eventualmente dal CS.

#### **5.4.3 Fermi lunghi**

In caso di fermi che si prevede possano protrarsi per alcune ore, al termine dell'ultima spinta, dopo aver atteso il tempo di presa della miscela di *backfilling*, si procederà al lavaggio delle linee di iniezione per evitarne l'intasamento.

Nel caso di abbassamenti della pressione all'interno della camera di scavo, il sistema AFS si attiverà automaticamente pompando una *slurry* polimerica naturale fino a ripristinare la pressione di sostegno del fronte di progetto.

La ripartenza avviene come già indicato nei casi precedenti.

## 5.5 AVANZAMENTO IN CONDIZIONI ANOMALE

Come per l'avanzamento in condizioni normali, il ciclo produttivo, anche nel caso di condizioni anomale si compone di due fasi successive:

- scavo di avanzamento (durante il quale avviene l'intasamento con miscela cementizia a tergo del rivestimento);
- montaggio dell'anello di rivestimento in conci prefabbricati.

Le operazioni che verranno eseguite variano in funzione dell'anomalia manifestatasi. Nel seguito si riporta la metodologia operativa che verrà adottata in funzione della specifica anomalia manifestatasi. Per quanto riguarda il montaggio dell'anello di rivestimento valgono le stesse modalità operative descritte per il caso di avanzamento in condizioni normali.

Si considerano condizioni anomale:

- venute d'acqua in pressione attraverso la coclea di estrazione;
- oscillazioni improvvise del valore della coppia sulla testa di scavo;
- blocco della testa di scavo;
- blocco degli scudi;
- blocco della coclea;
- anomali valori delle pressioni in camera di scavo;
- peso del materiale estratto dalla coclea oltre i limiti di attenzione;
- mancato raggiungimento della pressione di iniezione e/o del volume di malta iniettata a tergo del rivestimento;
- scostamento dall'asse teorico della TBM;
- formazione del cuscinio d'aria in calotta all'interno della camera di scavo;
- segregazione dello smarino all'interno della camera di scavo.

Il controllo dello scavo in una di queste condizioni avverrà seguendo la metodologia operativa descritta nei capitoli seguenti.

In presenza di una qualsiasi delle condizioni sotto indicate, sarà cura dell'Affidatario (DTCCG) comunicare al CG (DTC) l'anomalia riscontrata e le azioni intraprese. Il CG provvederà ad avvisare l'US, DL e AS.

### 5.5.1 Venute di acqua attraverso la coclea

Come indicato nei documenti contrattuali, possono incontrarsi durante lo scavo lenti di materiali sabbiosi sciolti che se confinati da livelli di materiale a bassa permeabilità possono essere sede di "falda sospesa".

Di fronte a tale circostanza il carico idraulico nella camera di scavo può diventare bruscamente elevato con un sensibile gradiente idraulico che induce filtrazione idraulica nella testa di scavo mettendo in pressione la coclea di estrazione. L'effetto è quello di sifonamento dell'acqua verso la coclea, che uscirebbe in pressione dalla porta posteriore della coclea stessa. Il processo risulta pericoloso se si verifica trascinarsi di frazioni fini verso la testa di scavo.

La telecamera posta sul primo nastro di smarino in corrispondenza della porta posteriore della coclea consente ad OT di rilevare immediatamente tale fenomeno ed allora: OT informa immediatamente CS che è responsabile della corretta applicazione della presente procedura e che provvede ad informare RP. La sequenza delle operazioni è:

- se è in corso iniezione di acqua sul fronte, arrestarla immediatamente;
- chiudere la porta posteriore a tenuta stagna della coclea;
- estrarre la coclea e chiudere la portella posizionata sul bulkhead;

- iniezione in modo controllato, volumi e pressione, di polimero naturale all'interno della camera di scavo per assorbire gli eccessi di acqua e diminuire drasticamente la consistenza e la permeabilità dello smarino;
- continuare con l'avanzamento;
- provare ad azionare nuovamente la coclea aprendo la porta posteriore;
- se il flusso d'acqua persiste, iniettare in modo controllato, volumi e pressioni, alla base della coclea polimero fino ad ottenere una consistenza plastica del terreno e/o creare un plug.

Al persistere della situazione di anomalia il CS informerà immediatamente il CCG, il RP ed il DTCCG. Se neanche con il loro intervento la situazione si ristabilirà, il DTCCG informerà il DTC e valuteranno insieme la possibilità di un incontro tecnico.

### **5.5.2 Oscillazione del valore della coppia sulla testa di scavo**

I parametri di scavo hanno valori che in condizioni normali si mantengono costanti o comunque variano non repentinamente. Una variazione improvvisa o una oscillazione apparentemente immotivata di detti parametri può quindi costituire il sintomo di una situazione di instabilità del fronte di scavo, oppure di una repentina variazione delle caratteristiche geologiche e meccaniche del terreno scavato. La coppia applicata per la rotazione della testa di scavo (torque) è il principale parametro che evidenzia fenomeni di questo tipo. Di fronte ad una tale evenienza si opera come di seguito descritto:

OT informa CS che è responsabile della corretta applicazione della presente procedura e che provvede ad informare CCG:

Quindi:

- si mantiene costante la pressione al fronte;
- si diminuisce la velocità di rotazione della testa (< 1 r.p.m.);
- si riduce la penetrazione della TBM (< 20 mm/min);
- si riduce la velocità di rotazione della coclea in funzione della ridotta penetrazione della TBM e per garantire il mantenimento di una pressione costante sul fronte;
- si verifica il sistema di condizionamento;
- se il problema persiste si interrompe lo scavo, CS informa CCG che a sua volta informa RP e il DTCCG.

Se neanche con il loro intervento la situazione si ristabilirà, il DTCCG informerà il DTC e valuteranno insieme la possibilità di un incontro tecnico.

### **5.5.3 Bloccaggio della testa di scavo e degli scudi**

Il bloccaggio della testa di scavo può essere dovuto a diverse cause:

- instabilità del fronte con franamenti;
- attrezzo di scavo o altro che blocca la testa;
- materiale sul fronte ed in camera mal condizionato.

E' un fenomeno pericoloso per cui occorre immediatamente informare CCG e la persona di massimo grado gerarchico presente nel cantiere. Se il bloccaggio non è completo ed è possibile la rotazione per alcuni gradi in un senso o nell'altro, è possibile che un grosso blocco o una parte metallica rotta nella struttura di raccolta del materiale sulla testa abbia prodotto il bloccaggio. In tal caso potrebbe essere possibile ravvisare il suono del medesimo che urta con parti metalliche attraverso la parete stagna posteriore. Se questo avviene si potranno arrestare le operazioni ed organizzare l'intervento nella camera di scavo previa autorizzazione di DTCCG. Nel caso la testa sia completamente bloccata e nulla induca a ritenere che il bloccaggio sia dovuto ad un blocco o ad altro corpo estraneo, si procede come segue:

- arrestare la coclea e chiudere la porta posteriore, non scaricare assolutamente la camera di scavo e se necessario, in quanto si manifesta una riduzione delle pressioni nella camera di scavo, iniettare sul fronte, controllandone la pressione e i volumi, una slurry polimerica naturale ;
- predisporre la comunicazione con una persona che stazionerà in prossimità del bulkhead e farà attenzione ad eventuali rumori provenienti dalla camera di scavo in quanto il bloccaggio potrebbe essere dovuto alla presenza di blocchi non caricati dalle pale di carico o elementi metallici della carpenteria della testa (scrapers o altre parti metalliche rotte);
- se non è possibile sbloccare la testa, la si tira indietro di 10 - 15 mm provando a ruotarla alternativamente in senso orario o antiorario;
- se non si consegue lo sblocco, si procede alla iniezione controllata, volumi e pressione, di polimero direttamente sul fronte tramite gli spruzzatori della schiuma;
- se ancora non si riesce a sbloccare la testa si procede impiegando la "coppia massima di sbloccaggio (Overtorque)";
- se anche con l'overorque non si consegue lo sbloccaggio occorrerà arrestare tutte le operazioni e sarà responsabilità di DTCG, già informato precedentemente, informare il DTC ed indire un incontro tecnico.

Nel caso di bloccaggio degli scudi, si inietterà in maniera controllata, come indicato nel paragrafo 3.3, una miscela polimerica preidratata, contemporaneamente si spingerà sul rivestimento prefabbricato limitando i giri della testa per non creare sovrascavi. Questo è un tipo di operazione che è eseguita comunemente dopo un fermo prolungato della TBM.

#### 5.5.4 Blocco della coclea

Il blocco della coclea può essere dovuto a diverse cause:

- presenza di ciottoli di dimensioni eccessive che restano bloccati tra elica e camicia della coclea;
- attrezzo di scavo o altro che entra nella coclea.

Per prima cosa si cerca di far girare la coclea in senso orario e antiorario alternato, in modo da cercare di sbloccarla. Se non ci si riuscisse bisogna aprire le portelle presenti sulla camicia della coclea stessa ed intervenire manualmente per rimuovere l'ostacolo.

Ad ogni modo per poter sbloccare la coclea bisogna sempre lasciare in pressione la camera di scavo. Per tale ragione si chiude la ghigliottina posteriore della coclea, si ferma la coclea, si tira indietro e si chiude anche la ghigliottina del *bulkhead*, in corrispondenza del pescaggio in camera di scavo, per evitare cadute di pressione al fronte.

Dopodiché, una volta isolata la camera di scavo, si cerca di scaricare la pressione all'interno della coclea aprendo la ghigliottina posteriore e scaricando il più possibile materiale. Quindi si aprono le portelle presenti sulla camicia della coclea e si interviene manualmente per liberare l'elica dall'ostacolo.

#### 5.5.5 Anomalie nella lettura delle pressioni al fronte

Variazioni repentine della pressione di supporto del fronte possono anticipare o accompagnare incrementi della coppia sulla testa o bloccaggi della stessa. Si opererà come di seguito.

Se la pressione aumenta all'interno della camera di scavo sarà dovuto principalmente a fenomeni esterni, dovuti principalmente ad un repentino ingresso di acqua o materiale sovrassaturo all'interno della camera di scavo, o problemi meccanici. In tal caso, al raggiungimento della soglia di attenzione, l'OT opererà come segue:

- si diminuisce la velocità di rotazione della testa (<1 r.p.m.);
- si riduce la spinta fino a scendere sotto una velocità di penetrazione  $V_p = 10\text{mm/min}$ ;
- si inietta polimero all'interno della camera di scavo senza incrementare la quantità di materiale scaricato con coclea;
- si avverte CCG.

Al raggiungimento della soglia di allarme ed al persistere di tale situazione di anomalia, il CCG informerà il RP e il DTCG. Se neanche con il loro intervento la situazione si ristabilirà, il DTCG informerà il DTC e valuteranno insieme la possibilità di un incontro tecnico con AS/DL.

Qualora la pressione al fronte diminuisca, l'OT opererà come segue:

- si ferma la rotazione della coclea continuando ad avanzare senza asportare materiale dalla camera di scavo; si inietta, controllando pressioni e volumi, una slurry polimerica naturale per ripristinare immediatamente la pressione di supporto di progetto;
- se non si riesce a far salire la pressione, si arresta lo scavo e si chiude la porta della coclea;
- si continua a iniettare sempre in modo controllato slurry polimerica naturale fino al raggiungimento della pressione di progetto;
- si avverte CCG.

Al raggiungimento della soglia di allarme ed al persistere di tale situazione di anomalia il CCG informerà il RP e il DTCG. Se neanche con il loro intervento la situazione si ristabilirà, il DTCG informerà il DTC e valuteranno insieme la possibilità di un incontro tecnico.

Le pressioni e i volumi dei materiali iniettati sono registrati e riportati nel rapporto di scavo emesso al termine di ogni singolo scavo.

### 5.5.6 Sovrascavo e sottoscavo

Se, in base a quanto riportato nella presente specifica, si constata che è in corso un sovrascavo, superata la soglia di attenzione l'OT dovrà operare come segue:

- si informa CCG;
- si riduce la velocità di rotazione della coclea;
- si aumenta la pressione di scavo;
- si verifica la densità apparente;
- si apre la valvola di scarico posizionata sul bulkhead per ridurre il cuscino di aria eventualmente formatosi;
- si riduce la velocità di rotazione della testa ( $< 1$  r.p.m.); si riduce la spinta e quindi la velocità di penetrazione.

Se si raggiunge il valore di allarme, si deve arrestare immediatamente lo scavo e informare RP. Se neanche con il suo intervento la situazione si ristabilirà verrà informato il DTCG che valuterà la possibilità di un incontro tecnico con l'Appaltatore e la DL. Quando la coda della fresa si troverà a passare sotto la progressiva corrispondente a quella del possibile sovrascavo, RP disporrà che l'iniezione di miscela cementizia tergo dei conci sia spinta al massimo possibile, curando in dettaglio pressioni e volumi di iniezione. Il controllo dell'iniezione di backfilling permetterà di capire l'entità del sovrascavo. Sarà necessario monitorare l'andamento di eventuali cedimenti di superficie ed il volume perso; se necessario sarà eseguita un'iniezione secondaria con boiaccia cementizia. Verrà monitorata inoltre la falda attraverso i piezometri lungo l'allineamento del tunnel al fine di ottenere informazioni circa le possibili cause che hanno portato il verificarsi dell'evento.

Se si produce sottoscavo, raggiunta la soglia di attenzione l'OT dovrà:

- Informare CCG. il quale provvederà ad avvisare RP.
- Arrestare lo scavo.

Se si raggiunge il valore di allarme, si deve immediatamente informare RP e il DTCG. Se neanche con il loro intervento la situazione si ristabilirà, il DTCG informerà il DTC e valuteranno insieme la possibilità di un incontro tecnico.

Si evidenzia che tra le potenziali ragioni che giustificano la presenza di un sottoscavo ci sono:

- la presenza di una cavità stabile nel sottosuolo;
- un errore nella stima della densità in banco. Questo caso risulta pericoloso in quanto può significare un peggioramento delle caratteristiche del materiale in banco;
- usura eccessiva dei periferici con conseguente riduzione del diametro di taglio e quindi di volume scavato.

### **5.5.7 Pressione e volume della malta iniettata a tergo del rivestimento insufficienti**

La procedura di iniezione risulta corretta se la pressione di iniezione, per ciascun ciclo di pompaggio, raggiunge il massimo previsto e ridiscende a valori minimi in maniera regolare.

Il sistema di pompaggio consente di regolare il numero di cicli di pompaggio per minuto così da seguire la velocità di penetrazione. L'operatore addetto al pompaggio OG e OT devono essere costantemente in contatto.

Qualora la pressione di iniezione e la quantità di miscela cementizia siano sotto i valori progettuali, l'OG opererà come segue:

- si aumenta il numero di cicli di pompaggio per minuto fino a raggiungere i valori di progetto.

Qualora si verifichi una pressione di iniezione bassa ma volumi iniettati corretti:

- si aumenta il numero di cicli di pompaggio per minuto fino a raggiungere i valori desiderati;
- se la pressione non sale si diminuisce la spinta e quindi la velocità di penetrazione;
- se ancora non sale: fermare lo scavo e continuare ad iniettare fino al raggiungimento della pressione di progetto;
- si verifica l'eventuale fuoriuscita di miscela dalle spazzole.

Qualora la pressione di iniezione progettuale sia raggiunta, ma con quantità di malta sotto i valori normali:

- si controllano le linee di iniezione per un probabile intasamento. In caso di intasamento di una sola linea, nella parte bullonata allo scudo, si devia il flusso della malta sulla linea di riserva di cui è dotata ciascuna delle sei linee. Contemporaneamente si procede alla pulizia del tratto di tubazione bloccato. Queste operazioni avvengono senza arrestare lo scavo e continuando la registrazione dei dati riguardanti volumi di malta iniettati e pressioni di iniezione;
- si verifica l'usura degli utensili di scavo;
- si monitorano eventuali cedimenti istantanei in superficie.

La pressione di iniezione della malta è misurata mediante appositi sensori di pressione montati sulle linee di iniezione vicino all'innesto nello scudo. La pressione di iniezione ed i volumi iniettati sono indicati sul pannello di controllo a disposizione di OG e trasmessi via PLC su monitor. E' così possibile controllare in continuo i due parametri. OG può quindi regolare il numero di cicli di pompaggio per minuto, mentre i valori minimi e massimi della pressione di iniezione sono definiti come "parametri di scavo" secondo le indicazioni di RP.

Se il volume di malta è diverso dai valori previsti è necessario che OG e CS informino immediatamente CCG e che questi informi RP qualora detta differenza superi i valori di soglia superiore e inferiore. Un volume di malta decisamente superiore al volume teorico di riempimento del gap tra rivestimento e profilo di scavo può indicare un sovrascavo o una dispersione di malta verso cavità naturali.

Al persistere della situazione di anomalia il RP informerà il DTCG che a sua volta informerà il DTC e valuteranno insieme la possibilità di un incontro tecnico.

### **5.5.8 Scostamento asse teorico tunnel**

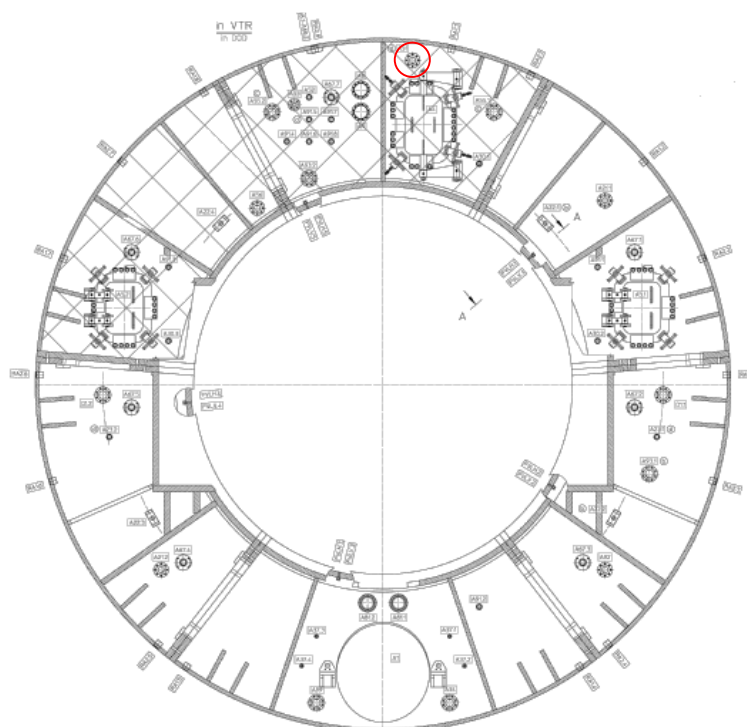
Durante le operazioni di scavo l'OT avrà il compito di controllare costantemente il posizionamento dell'asse del tunnel e segnalarne eventuali scostamenti dall'asse teorico.

In particolare, l'OT provvederà a informare immediatamente il CCG qualora venga superata la soglia di attenzione.

Il CCG, quindi, verificherà se suddetta anomalia dipende da problemi di natura tecnica. Nel caso in cui lo scostamento dall'asse teorico del tunnel aumenta sino al raggiungimento della soglia di allarme, il CC informerà il RP e il DTCG. Se neanche con loro la situazione si ristabilirà, il DTCG informerà il DTC e valuteranno insieme la possibilità di un incontro tecnico.

### 5.5.9 Formazione del cuscino d'aria in calotta all'interno della camera di scavo

Per rimuovere il cuscino d'aria formatosi nella parte sommitale della camera di scavo si agisce aprendo la valvola apposita posta nella sommità del *bulkhead* (evidenziata nella figura sottostante) e l'aria con eventuali fini viene scaricata attraverso un tubo direttamente sul nastro trasportatore dello smarino.



**Figura 5-2 - Segregazione dello smarino all'interno della camera di scavo.**

Viene verificata la densità del materiale all'interno della camera di scavo; una volta determinata l'entità del problema si riporta lo smarino ad una consistenza fluido-plastica, pompando polimero naturale all'interno della camera di scavo che assorbirà l'acqua in eccesso e aumentando la coesione del materiale.

## 5.6 SISTEMA DI COMUNICAZIONE

Una linea telefonica presente lungo la galleria permetterà in ogni momento la comunicazione tra il personale di turno (apparecchio presente in cabina di comando) e la Direzione ERGON di cantiere in ufficio.

Inoltre dalla fresa sarà possibile chiamare all'occorrenza direttamente i telefoni cellulari di CCG, RP e DTCG e viceversa.

Il superamento di soglie di attenzione o allarme sarà comunicato così come da procedure di monitoraggio (cfr. NF1W.00.E.ZZ.SP.GN0300.003.A "Procedure di gestione del monitoraggio per lo scavo meccanizzato").

## **6. SISTEMA DI REPORTING**

Al termine di ogni giornata di produzione verranno emessi un "rapporto di scavo" e un "rapporto di turno" in formato elettronico, reso disponibile in tempo utile anche a DL e AS.

Le informazioni riportate nel suddetto rapporto sono rappresentate nei fac-simile allegati; si precisa che le informazioni riportate possono essere modificate/integrate qualora lo si ritenesse opportuno nel corso dell'avanzamento dei lavori.



## 7. ALLEGATO 1

### FAC-SIMILE REPORT DI SCAVO

Inizio Scavo		Anello N.	Fine Scavo																							
on: 2000.01.01	at: 0:00:00	1022111	on: 2000.01.01	at: 0:00:00																						
Orientamento Anello : U																										
<b>Tempo:</b>																										
Scavo	0:00:00	Costruzione Anello	0:00:00	Fermo																						
				Totale																						
	0:00:00		0:00:00	0:00:00																						
<b>Navigazione:</b>																										
Stazione [m]	Inizio 0,0	Fine 0,0																								
<b>Valori Caratteristici Macchina</b>																										
	Medio	Minimo	Massimo	Medio	Minimo	Massimo																				
Pressione Camera di Scavo 1 [bar]	0,0	0,0	0,0	Velocità di Avanzamento [mm/min]	0,0	0,0	0,0																			
Pressione Camera di Scavo 2 [bar]	0,0	0,0	0,0	Forza di Avanzamento [kN]	0,0	0,0	0,0																			
Pressione Camera di Scavo 3 [bar]	0,0	0,0	0,0	Momento [MNm]	0,0	0,0	0,0																			
Pressione Camera di Scavo 4 [bar]	0,0	0,0	0,0	Rotazione di Testa [1/min]	0,0	0,0	0,0																			
Pressione Camera di Scavo 5 [bar]	0,0	0,0	0,0	Pressione Cioleca 1 [bar]	0,0	0,0	0,0																			
Pressione Camera di Scavo 6 [bar]	0,0	0,0	0,0	Pressione Cioleca 2 [bar]	0,0	0,0	0,0																			
Pressione Camera di Scavo 7 [bar]	0,0	0,0	0,0	Pressione Sensore Scudo 1 [bar]	0,0	0,0	0,0																			
Pressione Camera di Scavo 8 [bar]	0,0	0,0	0,0	Pressione Sensore Scudo 2 [bar]	0,0	0,0	0,0																			
<b>Estensione dei Gruppi Cilindri di Spinta</b>				<b>Pressione dei Gruppi Cilindri di Spinta</b>																						
Inizio Scavo [mm] <table border="1"> <tr><td>Gruppo A</td><td>0</td></tr> <tr><td>Gruppo B</td><td>0</td></tr> <tr><td>Gruppo C</td><td>0</td></tr> <tr><td>Gruppo D</td><td>0</td></tr> <tr><td>Gruppo E</td><td>0</td></tr> </table>				Gruppo A	0	Gruppo B	0	Gruppo C	0	Gruppo D	0	Gruppo E	0	Fine Scavo [mm] <table border="1"> <tr><td>Gruppo A [bar]</td><td>0,0</td></tr> <tr><td>Gruppo B [bar]</td><td>0,0</td></tr> <tr><td>Gruppo C [bar]</td><td>0,0</td></tr> <tr><td>Gruppo D [bar]</td><td>0,0</td></tr> <tr><td>Gruppo E [bar]</td><td>0,0</td></tr> </table>			Gruppo A [bar]	0,0	Gruppo B [bar]	0,0	Gruppo C [bar]	0,0	Gruppo D [bar]	0,0	Gruppo E [bar]	0,0
Gruppo A	0																									
Gruppo B	0																									
Gruppo C	0																									
Gruppo D	0																									
Gruppo E	0																									
Gruppo A [bar]	0,0																									
Gruppo B [bar]	0,0																									
Gruppo C [bar]	0,0																									
Gruppo D [bar]	0,0																									
Gruppo E [bar]	0,0																									
<b>Pressione Malta</b>		<b>Volume Malta</b>		<b>Volume Componente B</b>																						
A1 [bar]	0,0	A1 [l]	0,0	B1 [l]	0,0																					
A2 [bar]	0,0	A2 [l]	0,0	B2 [l]	0,0																					
A3 [bar]	0,0	A3 [l]	0,0	B3 [l]	0,0																					
A4 [bar]	0,0	A4 [l]	0,0	B4 [l]	0,0																					
A5 [bar]	0,0	A5 [l]	0,0	B5 [l]	0,0																					
A6 [bar]	0,0	A6 [l]	0,0	B6 [l]	0,0																					
<b>Additivi</b>				<b>Bilance</b>																						
Acqua [l]	0,0			Bilancia 1 [t]	0,0																					
Schiuma [l]	0,0			Bilancia 2 [t]	0,0																					
FIR [%]	0,0																									
Polimeri [l]	0,0																									
FER [l]	0,0																									

### FAC-SIMILE REPORT DI SCAVO

Example Project Logo

IRIS Integrated - Demo Project

Rapporto del turno



Protocollo no.	SP-2015-01-10-1
CS	CS 2, 2015
Data	10.01.2015
Spostamento	1

Ingeniere di Turno	
Caposequdra	
Aziatore TBM	

Inizio avanzamento anello n.	211	Inizio avanzamento stazione	427.6 [m]
Fine avanzamento anello n.	214	Fine avanzamento stazione	433.86 [m]
Anelli	3	Metro di Avanzamento	6.26 [m]

Pers. In servizio	
Tunnel	9
Pozzo	8
<b>Totale</b>	<b>17</b>

Codice		Tempo																		Somma			
		7-8		8-9		9-10		10-11		11-12		12-13		13-14		14-15		15-16			16-17		17-18
1	Avanzamento	[Gantt chart bars]																		305			
2	Costruzione Anello	[Gantt chart bars]																		80			
<b>Pause</b>																							
3	Sistema fuori Funzionamento	[Gantt chart bars]																		100			
4	Periodo di attesa	[Gantt chart bars]																		20			
5	Interventi alla Testa Rotante	[Gantt chart bars]																		0			
6	Disturbi Operazionali	[Gantt chart bars]																		215			
7	Modifiche alla TBM	[Gantt chart bars]																		0			
8	Altro	[Gantt chart bars]																		0			
anello No.		211				212				213				214				Somma				720	12.0 h

Codice	Start	Fine	Somma	Processo
100	07:00	07:20	20	Avanzamento
308	07:20	08:30	45	Pulizia Linee di Iniezione
200	07:20	07:45	25	Costruzione Anello
313	08:30	09:05	10	Pulizia Sistema delle Malte
100	08:40	13:40	85	Avanzamento
630	09:20	09:50	0	Mantello
630	09:50	13:25	215	Mantello
313	09:50	10:30	0	Pulizia Sistema delle Malte
200	13:40	14:05	25	Costruzione Anello
100	14:05	15:40	95	Avanzamento
200	15:40	16:10	30	Costruzione Anello
410	15:50	16:30	20	Linee di Iniezione del Mantello
500	16:00	16:20	0	Interventi alla Testa Rotante
317	16:30	16:40	10	Estensione Tubi
100	16:40	19:00	105	Avanzamento
317	17:35	18:35	35	Estensione Tubi

Codice	Start	Fine	Somma	Processo

Commenti		Commenti / Geologia		Altro	
Impresa costruzione:	Sovrintendente:	cliente:	Persona In Carica:		
Data e firma	Data e firma	Data e firma	Data e firma		