

COMMITTENTE:

0416



ALTA SORVEGLIANZA:



CONTRAENTE GENERALE



**PROGETTO ESECUTIVO** DI 1° LIVELLO

**LINEA FERROVIARIA MILANO-NAPOLI  
NODO DI FIRENZE - PENETRAZIONE URBANA LINEA A.V.**

**PASSANTE AV**

**Lotto 2**

ELABORATO: **GALLERIE NATURALI ESEGUITE CON SISTEMA MECCANIZZATO**  
**Specifiche tecniche macchine di scavo**

ITALFERR		CONTRAENTE GENERALE		DIREZIONE LAVORI		Data	
Vidimato	Data	<b>NODAVIA</b> SOC. CONS. PER AZIONI VIA S. PIETRO 10, 75 42024 CASTELVINO DI SOTTO (RE) C. F. e P. IVA 02218090351 TEL. 0522/451111					
PE_ITALFERR							

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERADISCIPLINA	PROGR.	REV.	SCALA
<b>F E W 1</b>	<b>4 0</b>	<b>E</b>	<b>Z Z</b>	<b>S P</b>	<b>G N 0 1 0 0</b>	<b>0 0 1</b>	<b>B</b>	<b>-</b>

PROGETTAZIONE CONTRAENTE GENERALE: Aspetti generali: AMBIENTE - DURAZZANI - GEOECO Progetti  
 Strutture - Architettura: SWS Engineering - Studio MAJOWIECKI - OPEN PROJECT - Studio LEMBO FAZIO - ECI-Eco Consulting Ingegneria  
 Impiantistica: ANSALDO - BETA PROGETTI - T.e.T.I. - TESIFER

Revis.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Aut. / Data
A	Emissione	Ing. Cosciotti	10/01/08	Ing. Panebianco	18/01/08	Ing. Lanzafame	28/01/08	Ing. Lembo Fazio
B	Emissione a seguito CdL 409 del 08/05/09	Ing. Cosciotti	22/06/09	Ing. Panebianco	24/06/09	Ing. Lanzafame	26/06/09	Ing. Lembo Fazio
C								

Committente Principale <b>RFI</b>	Alta Sorveglianza <b>ITALFERR</b>	Contraente Generale <b>NODAVIA s.c.p.a.</b>
<b>PASSANTE AV – LOTTO 2</b> GALLERIE NATURALI ESEGUITE CON SISTEMA MECCANIZZATO Specifiche tecniche macchine di scavo		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>DI 1° LIVELLO</b>

## INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2. SPECIFICHE TECNICHE MACCHINA DI SCAVO TIPO EPB.....</b>	<b>5</b>
2.1. <i>Requisiti.....</i>	5
2.2. <i>Prescrizioni operative di avanzamento.....</i>	6
2.3. <i>Prescrizioni operative di controllo.....</i>	7
2.4. <i>Caratteristiche tecniche.....</i>	7
2.4.1 Testa fresante.....	8
2.4.2 Cuscinetto principale.....	9
2.4.3 Camera di scavo .....	9
2.4.4 Scudo.....	10
2.4.5 Sistema estrazione e allontanamento materiale .....	11
2.4.6 Iniezione additivi .....	12
2.4.7 Sistema di spinta .....	13
2.4.8 Rivestimento .....	13
2.4.9 Sistema movimentazione conci.....	16
2.4.10 Iniezione di intasamento a tergo dei conci .....	17
2.4.11 Impianto aria compressa.....	18
2.4.12 Camere iperbariche .....	18
2.4.13 Attrezzature speciali di perforazione.....	19
2.4.14 Sistema AFSS.....	19
2.4.15 Back-up .....	20
2.4.16 Impianto di ventilazione.....	20
2.4.17 Cabina di comando e controllo.....	21
2.4.18 Sistema di guida .....	21
2.4.19 Monitoraggio.....	21
<b>3. NOTE SULLA SICUREZZA .....</b>	<b>24</b>
3.1 <i>Monitoraggio atmosferico in galleria.....</i>	24
3.2 <i>Sistema antincendio in galleria .....</i>	24
3.3 <i>Operazioni di manutenzione .....</i>	24
3.4 <i>Alimentazione elettrica di emergenza.....</i>	25
3.5 <i>Altro.....</i>	25

Committente Principale <b>RFI</b>	Alta Sorveglianza <b>ITALFERR</b>	Contraente Generale <b>NODAVIA s.c.p.a.</b>
<b>PASSANTE AV – LOTTO 2</b> GALLERIE NATURALI ESEGUITE CON SISTEMA MECCANIZZATO Specifiche tecniche macchine di scavo		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>DI 1° LIVELLO</b>

## 1. PREMESSA

Per la realizzazione delle gallerie naturali del passante AV di Firenze è previsto l'impiego di una macchina da scavo meccanizzato integrale scudata con sostegno in pressione del fronte.

Le due gallerie, di diametro interno di 8,30 m e spessore del rivestimento di 0,40 m, sviluppano complessivamente circa 9.950 m.

Le due gallerie verranno scavate a partire dall'imbocco sud di Campo di Marte fino allo sbocco nord di Rifredi. Le due canne corrono circa parallele, mantenendo una distanza tra gli assi di circa 19.3 m, tranne agli imbocchi, dove la distanza è di circa 16.5 m per Campo di Marte e 11.5 m per Rifredi. Il tracciato prevede due curve, di cui una con raggio pari a 480 m, e la seconda con raggio pari a 305 m.

L'andamento altimetrico delle gallerie prevede un punto di minimo assoluto nei pressi del quale verrà realizzato un pozzo di aggotamento adibito all'evacuazione di eventuale acqua o liquidi in genere che si dovessero riversare nelle gallerie. Per motivi planimetrici il pozzo dista circa 34 m dal punto di minimo; in questo tratto la canaletta sarà in contropendenza rispetto alla galleria.

La galleria binario pari verrà scavata per prima; lo scavo inizierà in corrispondenza della progr. 1+317 circa (imbocco Sud Campo di Marte) e proseguirà fino al pozzo costruttivo nord (progr. 4+835 circa) attraversando a pieno la stazione A.V. non ancora realizzata. Dal pozzo costruttivo nord la fresa proseguirà lo scavo fino all'imbocco nord Rifredi (progr. 6+891), dove verrà disassemblata, trasportata all'imbocco sud e qui rimontata per iniziare lo scavo della galleria binario dispari. Dall'imbocco Sud lo scavo della galleria binario dispari proseguirà fino al camerone della stazione: la fresa attraverserà il camerone a vuoto fino al pozzo costruttivo nord (tra le progressive 4+322.7 e 4+844.8), da dove riprenderà lo scavo a pieno fino all'imbocco nord Rifredi.

Le due canne saranno collegate trasversalmente da cunicoli di bypass disposti ogni 450 m circa.

Il presente documento riporta la descrizione e le specifiche tecniche della macchina EPB che verrà utilizzata per lo scavo delle due gallerie.

Per la descrizione delle condizioni geotecniche dei terreni da attraversare, si rimanda ai documenti di progetto:

*"Relazione sulla caratterizzazione geotecnica e comportamento dei terreni nei confronti dello scavo meccanizzato"* (codifica FEW1-40-E-ZZ-RB-GN0100-001);

*"Profilo geotecnico con indicazioni per lo scavo meccanizzato"* (codifica FEW1-40-E-ZZ-F6-GN0100-001, 002, 003).

Lo studio geotecnico è stato finalizzato ad individuare le diverse situazioni che si possono riscontrare nello scavo meccanizzato delle gallerie con macchina EPB. Il tracciato è stato suddiviso in 5 tratte omogenee per condizioni geotecniche, coperture ed interferenze. In ciascuna zona sono state riportate

Committente Principale <b>RFI</b>	Alta Sorveglianza <b>ITALFERR</b>	Contraente Generale <b>NODAVIA s.c.p.a.</b>
<b>PASSANTE AV – LOTTO 2</b> GALLERIE NATURALI ESEGUITE CON SISTEMA MECCANIZZATO Specifiche tecniche macchine di scavo		<b>PROGETTO ESECUTIVO DI 1° LIVELLO</b>

le informazioni stratigrafiche, geotecniche e geomeccaniche ed i risultati delle analisi specifiche per lo scavo meccanizzato relative alla stabilità del fronte.

I principali aspetti geotecnici da affrontare nella gestione dello scavo meccanizzato sono:

- elevata possibilità di incontrare terreni incoerenti acquiferi, anche al di fuori dei punti già segnalati dall'indagine, senza alcuna eccezione lungo tutto il tracciato; questi terreni potranno interessare in tutto o in parte la sezione trasversale delle gallerie. Nel contesto geologico di deposizione l'incontro di ghiaie o sabbie acquifere durante lo scavo di terreni a grana fine e viceversa, può essere improvviso e non prevedibile, per la difficoltà di determinare con esattezza l'estensione tridimensionale dei diversi materiali. Nei terreni acquiferi incoerenti possono verificarsi cadute della consistenza del terreno nella camera di scavo; risulta pertanto necessario che la macchina sia dotata di un adeguato sistema di monitoraggio e di condizionamento del terreno;
- le caratteristiche stratigrafico-geotecniche lungo il tracciato, di disomogeneità dei terreni all'interno della stessa sezione di scavo e di gradienti idraulici differenziati, non permettono di affidarsi esclusivamente a modellazioni geotecniche per simulare le condizioni di interazione terreno-macchina. La definizione del valore della pressione da applicare al fronte e i restanti parametri di macchina andranno pertanto ricercati in fase di scavo e costantemente verificati con il monitoraggio in corso d'opera;
- la presenza in alcune zone di argille ad alta plasticità (principalmente nei depositi del Sistema del Lago) può creare problemi per il raggiungimento della lavorabilità del terreno nella camera di scavo. Per ovviare a ciò si richiede che vengano utilizzati idonei additivi e fillers;
- probabile presenza di ciottoli di dimensione superiore a 200 mm soprattutto nei depositi dell'Arno.

Committente Principale <b>RFI</b>	Alta Sorveglianza <b>ITALFERR</b>	Contraente Generale <b>NODAVIA s.c.p.a.</b>
<b>PASSANTE AV – LOTTO 2</b> GALLERIE NATURALI ESEGUITE CON SISTEMA MECCANIZZATO Specifiche tecniche macchine di scavo		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>DI 1° LIVELLO</b>

## 2. SPECIFICHE TECNICHE MACCHINA DI SCAVO TIPO EPB

### 2.1. Requisiti

In questa parte del documento sono riportati i principali requisiti e specifiche che la macchina deve assicurare.

Le operazioni di scavo nel loro complesso dovranno:

- a) Garantire in ogni momento la sicurezza degli addetti in tutte le fasi operative, nelle varie aree di lavoro, con particolare riguardo al verificarsi di situazioni critiche quali per esempio l'eventuale sviluppo di incendio a bordo, l'entrata d'acqua attraverso guarnizioni rovinata, etc.;
- b) Garantire lo scavo lungo tutto lo sviluppo delle gallerie con il fronte sempre, costantemente e completamente in pressione, sia durante le operazioni di scavo sia durante i fermi macchina di qualsiasi durata; ciò al fine di poter effettuare un corretto controllo sulla stabilità del fronte e un corretto controllo e contenimento delle deformazioni del terreno. Durante l'avanzamento della macchina la camera di scavo dovrà essere sempre completamente piena del materiale estratto, opportunamente additivato, evitando nel modo più assoluto la presenza al suo posto di aria o acqua ancorché in pressione;
- c) Garantire una corretta iniezione di intasamento a tergo dei conci, controllata in termini di volume e pressione, contestuale all'avanzamento della macchina, in grado di riempire completamente e stabilmente ogni eventuale vuoto tra concio e terreno;
- d) Mettere a disposizione della Direzione Lavori e del Progettista, in modo assolutamente trasparente, tutti i dati rilevati relativi ai parametri di scavo, ai parametri operativi della macchina nel suo complesso e alle deformazioni indotte sia in profondità che in superficie. Tali dati dovranno essere disponibili in continuo o con la periodicità stabilita, sia in cantiere che in ogni altra sede indicata, compreso l'interno della macchina stessa, sotto forma di grafici immediatamente leggibili, strutturati ed elaborati secondo quanto indicato dalla Direzioni Lavori o dal Progettista.
- e) Garantire la possibilità di scavare in fronti misti e disomogenei con terreni di natura e di comportamento geotecnico differenti, anche sotto falda;
- f) Garantire il superamento di eventuali zone a comportamento litoide non individuate nella fase di progettazione;
- g) Garantire in ogni punto del tracciato la possibilità di produrre cedimenti al piano campagna contenuti entro un valore corrispondente ad un Volume perso ( $V_p$ ) pari a 0,5%.
- h) Garantire che gli scostamenti dell'asse della galleria dall'asse teorico non siano superiori a 10 cm;
- i) Garantire la possibilità di superare eventuali punti critici, anche quelli non individuati nella fase di studio geologico e caratterizzazione geotecnica, per esempio:
  - attraversamento di faglie;
  - rinvenimento di grossi trovanti;
  - attraversamento di terreni a comportamento plastico e anche spingente;

Committente Principale <b>RFI</b>	Alta Sorveglianza <b>ITALFERR</b>	Contraente Generale <b>NODAVIA s.c.p.a.</b>
<b>PASSANTE AV – LOTTO 2</b> GALLERIE NATURALI ESEGUITE CON SISTEMA MECCANIZZATO Specifiche tecniche macchine di scavo		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>DI 1° LIVELLO</b>

- j) Permettere l'esecuzione di perforazioni esplorative in avanzamento e di perforazioni per interventi di consolidamento al contorno superiore e inferiore del fronte;
- k) Minimizzare le vibrazioni in fase di scavo;
- l) Garantire la possibilità di una lavorazione continuativa senza alcuna interruzione di sorta in occasione del sottoattraversamento di sezioni particolarmente impegnative, da definire in corso di scavo da parte di Italferr.

## **2.2. Prescrizioni operative di avanzamento**

L'avanzamento 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 con camera non completamente piena.

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** calcolato con il metodo di COB ed un **valore di pressione massimo** calcolato nelle condizioni di spinta a riposo.

In fase di scavo verrà applicata sul fronte della galleria una pressione circa uguale alla pressione di riferimento calcolata con il metodo di COB. 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. I valori di pressione di iniezione a tergo dovranno essere calcolati e differenziati per i vari punti di iniezione in funzione della posizione degli stessi sullo scudo e quindi in funzione del carico litostatico ed idraulico presente e con riguardo anche alle pressioni massime ammissibili sull'estradosso dei conci. L'intasamento a tergo dovrà avvenire contemporaneamente all'avanzamento iniettando, alla pressione stabilita, il volume di malta necessario a garantire la completa ed omogenea saturazione dell'intercapedine a tergo dei conci e fino alle pressioni di rifiuto stabilite.

Committente Principale <b>RFI</b>	Alta Sorveglianza <b>ITALFERR</b>	Contraente Generale <b>NODAVIA s.c.p.a.</b>
<b>PASSANTE AV – LOTTO 2</b> GALLERIE NATURALI ESEGUITE CON SISTEMA MECCANIZZATO Specifiche tecniche macchine di scavo		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>DI 1° LIVELLO</b>

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; in particolare la ripresa dell'avanzamento dovrà necessariamente avvenire riempiendo preventivamente la camera di scavo attraverso la paratia stagna con materiale proveniente dall'esterno se la stessa, per operazioni di manutenzione, dovesse risultare parzialmente svuotata.

### **2.3. Prescrizioni operative di controllo**

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

- 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. Il controllo deve essere eseguito mediante una procedura operativa che individua le azioni da adottare in caso di superamento delle soglie di attenzione ed allarme prefissate;
- controllo continuo del materiale spillato dalla camera di scavo mediante pesatura con l'utilizzo di due bilance. 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 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 da eseguirsi almeno una volta ad ogni inizio turno;
- eventuale controllo del volume dello smarino mediante elaborazione delle letture dello scanner installato sul nastro trasportatore, da effettuarsi sia a fine spinta che durante la stessa spinta di avanzamento (almeno tre volte nel corso della stessa), regolato da una procedura che individua soglie ed azioni da attuare al superamento delle stesse;
- controllo continuo dei volumi e delle pressioni delle malte di intasamento iniettate a tergo dei rivestimenti definitivi; il controllo dei volumi iniettati avverrà sui valori registrati dal sistema operativo della TBM mettendo in atto una procedura operativa in cui sono fissate le modalità di controllo e le soglie di attenzione e di allarme.

### **2.4. Caratteristiche tecniche**

Si esaminano i principali elementi della macchina e della lavorazione, evidenziando le caratteristiche tecniche e prestazionali che dovranno essere assicurate:

1. Testa fresante
2. Cuscinetto principale

Committente Principale <b>RFI</b>	Alta Sorveglianza <b>ITALFERR</b>	Contraente Generale <b>NODAVIA s.c.p.a.</b>
<b>PASSANTE AV – LOTTO 2</b> GALLERIE NATURALI ESEGUITE CON SISTEMA MECCANIZZATO Specifiche tecniche macchine di scavo		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>DI 1° LIVELLO</b>

3. Camera di scavo
4. Scudo
5. Sistema estrazione e allontanamento materiale
6. Iniezione di additivi
7. Sistema di spinta
8. Rivestimento
9. Sistema movimentazione conci
10. Iniezione di intasamento a tergo dei conci
11. Impianto aria compressa
12. Camere iperbariche
13. Attrezzature di perforazione
14. Sistema AFSS
15. Cabina di comando e controllo
16. Back-up
17. Impianto di ventilazione
18. Sistema di guida
19. Monitoraggio

#### **2.4.1 Testa fresante**

La testa fresante deve:

- essere dotata di utensili di scavo adatti per affrontare i seguenti tipi di terreno: argille, sabbie, ghiaie con ciottoli, terreni misti, rocce tenere; deve inoltre essere predisposta per l'equipaggiamento in tempi brevi di idonei utensili di scavo (cutters, picchi da roccia) per superare eventuali stratificazioni di materiale di consistenza litoide, anche abrasivo, classificabili in termini di resistenza come rocce tenere (sino a 50 MPa);
- avere la possibilità di intercambiare i picchi o dischi o scalpelli nelle sedi di fissaggio senza dover procedere ad alcuna modifica della testa;
- consentire che la sostituzione degli utensili di scavo avvenga solo da dietro la testa fresante, senza dover accedere al fronte;
- avere la possibilità di eseguire un sovrascavo variabile in continuo mediante l'installazione di almeno due "overcutter", sia per terreno tenero, sia per roccia. La posizione dei denti da sovrascavo deve essere regolata mediante un sistema idraulico a controllo continuo assistito dall'esterno, senza impiego di personale nella camera di scavo. Lo stato di estensione deve essere segnalato o registrato in cabina di comando e controllo. Il sistema deve essere in grado di funzionare anche per considerevoli tratte di avanzamento dello scavo;
- avere la superficie e i bordi delle razze della ruota munite di protezione antiusura;
- avere una coppia installata tale da consentire l'attraversamento, oltre che dei materiali previsti in progetto, anche di materiali di consistenza litoide (rocce tenere);



Committente Principale <b>RFI</b>	Alta Sorveglianza <b>ITALFERR</b>	Contraente Generale <b>NODAVIA s.c.p.a.</b>
<b>PASSANTE AV – LOTTO 2</b> GALLERIE NATURALI ESEGUITE CON SISTEMA MECCANIZZATO Specifiche tecniche macchine di scavo		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>DI 1° LIVELLO</b>

- esser movimentata con motori a variazione continua, elettrici o idraulici. I motori devono fornire la coppia necessaria per superare eventuali situazioni critiche. Il sistema di trasmissione della rotazione e di controllo di potenza dei motori deve assorbire gli shock generati da un eventuale blocco della rotazione;
- avere la possibilità di ruotare in entrambi i sensi (orario - antiorario) per correggere il rollio della macchina e per agevolare le operazioni di manutenzione;
- essere dotata di ugelli (almeno 6 unità, opportunamente distribuite) per l'iniezione di prodotti specifici (schiume, polimeri, acqua, fango bentonitico, etc.) per migliorare le caratteristiche del materiale scavato direttamente al fronte;
- Avere delle barre rimpiazzabili nella parte posteriore della testa, per miscelare il materiale all'interno della camera di scavo.

#### 2.4.2 Cuscinetto principale

Il cuscinetto principale deve:

- essere permanentemente lubrificato con sistema in pressione e trafilatura continua di grasso lubrificante. Il cuscinetto dovrà risultare un organo perfettamente stagno, attraverso più stadi di guarnizioni a pressione differenziale, per evitare l'accesso, in presenza di acqua in pressione, di materiali contaminanti;
- essere garantito per un numero di ore che copra ampiamente il periodo di scavo previsto, tenendo conto delle sollecitazioni e delle condizioni di scavo previste;
- essere studiato in modo da rendere possibile la sostituzione direttamente dall'interno dello scudo delle guarnizioni di tenuta del cuscinetto in caso di danneggiamento,

Dovrà essere sempre disponibile un cuscinetto di riserva trasportabile in cantiere nel più breve tempo possibile, dando evidenza di codesta disponibilità.

#### 2.4.3 Camera di scavo

La camera di scavo deve essere dotata di un diaframma metallico a tenuta stagna che separa la camera stessa dal resto della macchina. Deve comprendere tutte le prese necessarie per:

- le camere iperbariche;
- il cuscinetto principale;
- l'apertura per l'alimentazione della vite della coclea, con porte azionate idraulicamente per la chiusura ermetica della camera in caso di ritiro della vite all'interno del corpo dello scudo;
- dispositivi di misura della pressione all'interno della camera di scavo, collegati al sistema automatico d'operazione e controllo dello scudo, in misura di almeno 10 sensori disposti ad intervalli di quota regolari, con due sensori quanto più possibile posizionato in chiave calotta, in modo da poter valutare correttamente lo stato di riempimento della camera di scavo e la densità del materiale;

Committente Principale <b>RFI</b>	Alta Sorveglianza <b>ITALFERR</b>	Contraente Generale <b>NODAVIA s.c.p.a.</b>
<b>PASSANTE AV – LOTTO 2</b> GALLERIE NATURALI ESEGUITE CON SISTEMA MECCANIZZATO Specifiche tecniche macchine di scavo		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>DI 1° LIVELLO</b>

- ugelli per l'iniezione di prodotti specifici per migliorare le condizioni del terreno all'interno della camera stessa (schiume, polimeri, fanghi bentonitici, acqua, etc.), in numero almeno di 6 unità, opportunamente distribuiti;
- valvola di sfiato in calotta per lo spurgo di eventuale accumulo di schiume o bolle d'aria;
- ugelli per l'iniezione di bentonite per il mantenimento della pressione nella camera di scavo in caso di macchina ferma e camera piena;
- barre rimovibili per il mescolamento del terreno fissate sul diaframma metallico;
- fori per consentire il passaggio delle aste di perforazione per i sondaggi e gli eventuali interventi al fronte;
- passaggi per tubazioni dell'acqua e cavi elettrici, agganci ed alloggiamenti specifici per scale, piattaforme, etc;
- punti di collegamento per comunicare all'esterno, punti di collegamento illuminazione a bassa tensione (24V), punti per l'approvvigionamento dell'aria compressa ad uso industriale, sistema per l'ingresso dell'aria compressa respirabile, etc.

Il diaframma metallico dovrà essere dimensionato per pressioni di esercizio di almeno 4 bar.

#### **2.4.4 Scudo**

- La lunghezza dello scudo non deve essere superiore al diametro della testa al fine di ridurre l'attrito con il terreno e di permettere un intasamento a tergo dei conci quanto più possibile ravvicinato al fronte.
- Carichi ovalizzanti e possibili fenomeni di instabilità dovranno essere considerati dal fornitore dello scudo secondo consuetudine e in funzione delle possibili situazioni di utilizzo della TBM (blocco, curva, etc.);
- Lo scudo deve essere dotato di fori per iniettare liquidi lubrificanti al fine di diminuire l'attrito tra mantello e terreno in situazioni critiche (per es. materiale rigonfiante)
- Lo scudo deve permettere l'iniezione in pressione di bentonite o malta inerte attraverso un numero adeguato di punti di iniezione distribuiti uniformemente su tutta la sua superficie esterna, per controllare e contrastare il collasso del terreno nell'intercapedine che si viene a creare tra lo scudo stesso e il profilo di scavo;
- Devono essere previste feritoie con tubi guida, con inclinazione max di 10°, per il passaggio delle aste di perforazione, per effettuare sondaggi in avanzamento e trattamenti di consolidamento al contorno del fronte di scavo, disposte su tutta la circonferenza del mantello. In caso di perforazioni che ricadano nell'impronta della fresa bisogna assicurarsi che tutti i materiali di lavorazione utilizzati siano fresabili, ad esempio si utilizzeranno aste in alluminio anziché in acciaio;
- La coda dello scudo deve includere le guarnizioni a spazzola disposte su 4 file, le linee di iniezioni per l'intasamento a tergo e le linee di ingrassaggio. Le guarnizioni della coda dovranno essere sostituibili se danneggiate. Dovranno essere previste finestre per facilitare l'operazione di pulizia delle tubazioni di iniezione in caso di otturazione delle medesime, fornite di portelli chiusi ma

Committente Principale <b>RFI</b>	Alta Sorveglianza <b>ITALFERR</b>	Contraente Generale <b>NODAVIA s.c.p.a.</b>
<b>PASSANTE AV – LOTTO 2</b> GALLERIE NATURALI ESEGUITE CON SISTEMA MECCANIZZATO Specifiche tecniche macchine di scavo		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>DI 1° LIVELLO</b>

facilmente apribili. Deve essere dotata di guarnizioni antiriflusso alloggiata sul bordo esterno nella sezione terminale per evitare il passaggio della miscela d'iniezione attorno allo scudo e quindi nella camera di scavo.

#### **2.4.5 Sistema estrazione e allontanamento materiale**

##### **Estrazione con coclea**

Tale sistema sarà costituito da una coclea che dal fondo della camera di scavo in pressione, per mezzo delle eliche, obbliga il materiale a passare lungo tutta la struttura sino a raggiungere il punto di scarico a pressione ambiente.

- La coclea deve poter essere ritirata idraulicamente per effettuare le operazioni di controllo e manutenzioni sulla medesima. Sul diaframma in pressione, in corrispondenza dell'apertura per il passaggio della coclea, devono essere predisposte due porte stagne azionate idraulicamente per chiudere tale apertura ed evitare perdite di pressione nella camera di scavo. Lo stesso sistema può essere utilizzato in caso di soste prolungate per evitare fughe di pressione.
- La coclea deve possedere un dispositivo per invertire il senso di rotazione in caso di bloccaggio per evitare danni sulla struttura della stessa.

La velocità di rotazione deve essere regolabile, in modalità sia manuale che automatica, in funzione della velocità d'avanzamento dello scudo, delle pressioni nella camera di scavo e della coppia della testa fresante.

- L'uscita del materiale dalla coclea sarà consentita da una porta a ghigliottina con apertura regolabile.
- Lungo la coclea devono essere installati ugelli (almeno 3 unità) per permettere l'iniezione di prodotti specifici per il trattamento del materiale (schiume, fanghi bentonitici, etc.) e almeno 3 sensori per il controllo della pressione.
- L'elica e l'interno della camicia devono essere rivestite con materiale antiusura.

Sia l'elica che la coclea, in caso di grave danneggiamento, devono poter essere sostituite dall'interno della galleria.

- La coclea deve essere dimensionata (portata oraria) per garantire le prestazioni di avanzamento della TBM previste in progetto.

La coclea deve consentire il passaggio di ciottoli (blocchi) di grosso diametro (fino 300mm). Nel caso siano presenti blocchi di dimensioni maggiori possono verificarsi differenti situazioni:

- Il masso è bloccato della matrice del materiale in sito; esso può essere frantumato dalla testa e ridotto a dimensioni compatibili con quelle della coclea.
- Il masso è libero di muoversi nella matrice del materiale in sito; esso può essere spinto esternamente durante la rotazione della testa e inglobato nel materiale in sito esternamente al profilo di scavo.

Committente Principale <b>RFI</b>	Alta Sorveglianza <b>ITALFERR</b>	Contraente Generale <b>NODAVIA s.c.p.a.</b>
<b>PASSANTE AV – LOTTO 2</b> GALLERIE NATURALI ESEGUITE CON SISTEMA MECCANIZZATO Specifiche tecniche macchine di scavo		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>DI 1° LIVELLO</b>

- Il masso rimane sul fronte di scavo e non viene frantumato dalla testa; Un primo tentativo è di bloccare il masso nel materiale circostante trattato in modo da creare una matrice più rigida che non consenta il movimento del blocco. Se questo tentativo non fornisce i risultati sperati, l'alternativa è quella di demolire "fisicamente" il masso accedendo al fronte di scavo.

### ***Nastro trasportatore***

Il materiale estratto dalla coclea deve essere scaricato su un nastro trasportatore primario inclinato e uno secondario sub-orizzontale, che deve assicurare il trasferimento su un altro nastro trasportatore installato su un paramento lungo tutta la galleria.

La struttura del nastro deve essere progettata per affrontare le curve e le pendenze di progetto e dimensionata per garantire le rese produttive richieste in progetto. Deve essere dotato di tutti i sistemi di pulizia necessari in relazione ai terreni che si incontreranno nello scavo.

Il nastro deve essere fornito di due bilance per la pesatura del materiale di scavo per il controllo del peso estratto, installate quanto più vicino possibile al fronte e in modo che risentano il meno possibile di effetti dinamici. La misura deve essere costantemente relazionata all'avanzamento della fresa per il controllo immediato di eventuali flussi di terreno in camera, ed evitare così l'innescò di pericolosi fornelli o la formazione di cavità. Le bilance dovranno essere sottoposte a taratura periodicamente, secondo una chiara procedura illustrata e condivisa dalla DL.

Il nastro trasportatore deve essere fornito di uno scanner volumetrico per rilevare in continuo il volume del materiale estratto, installato quanto più possibile vicino al fronte. La misura deve essere costantemente relazionata all'avanzamento della fresa per il controllo immediato di eventuali flussi di terreno in camera non provenienti dal fronte, ed evitare così l'innescò di pericolosi fornelli o la formazione di cavità. Lo scanner dovrà essere sottoposto a taratura periodicamente, secondo una chiara procedura illustrata e condivisa dalla DL.

### **2.4.6 Iniezione additivi**

Lo scudo deve essere dotato di un sistema completo per l'iniezione di diversi prodotti (schiume, polimeri, fanghi bentonitici) per il condizionamento del terreno scavato. Questi additivi sono necessari per migliorare la stabilità del fronte di scavo, ridurre la coppia necessaria alla testa fresante, ridurre l'abrasività del terreno, migliorare la fluidità e ridurre la permeabilità del materiale scavato, facilitare l'evacuazione del materiale scavato ed evitare possibili intasamenti del materiale plastico.

L'iniezione avviene attraverso ugelli installati sulla testa fresante, nella camera di scavo e nella coclea.

Il sistema deve essere progettato specificamente per le caratteristiche geotecniche del materiale interessato dallo scavo. Per valutare il reale effetto dei vari prodotti di iniezione, e quindi mettere a punto le miscele e le quantità da utilizzare nei vari tratti dello scavo, si deve procedere ad una serie di prove in laboratorio o direttamente in sito con il materiale direttamente proveniente dallo scavo.

Committente Principale <b>RFI</b>	Alta Sorveglianza <b>ITALFERR</b>	Contraente Generale <b>NODAVIA s.c.p.a.</b>
<b>PASSANTE AV – LOTTO 2</b> GALLERIE NATURALI ESEGUITE CON SISTEMA MECCANIZZATO Specifiche tecniche macchine di scavo		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>DI 1° LIVELLO</b>

Tutti gli additivi utilizzati devono essere biodegradabili, non devono essere classificabili come “rifiuti tossici o pericolosi”, e comunque devono condizionare il terreno in modo tale che sia possibile trasportarlo a discarica senza particolari accorgimenti.

L’impianto dovrà comprendere sistemi per la generazione di schiuma, di rifornimento di acqua e di aria compressa completi degli apparati di regolazione, consolle di comando, tubazioni e cavi elettrici.

I generatori dovranno essere installati quanto più vicino possibile ai punti d’iniezione, in modo da evitare il deterioramento dell’additivo nella fase di trasporto. Dovrà essere garantito un controllo visivo del processo di generazione della schiuma.

Le linee d’iniezione saranno così indicativamente suddivise: 6 alla testa, 6 nella camera di scavo e 3 nella coclea. Tutte le linee dovranno essere indipendenti, in modo da poter diversificare a seconda delle esigenze la tipologia di additivo nelle varie posizioni.

La portata totale d’iniezione della soluzione schiumosa, la portata massima per ogni linea e gli altri parametri del sistema d’iniezione saranno definiti nelle successive fasi di progettazione.

L’insieme di stoccaggio/trasferimento/miscelazione dovrà essere installato sul back-up.

#### **2.4.7 Sistema di spinta**

La macchina deve disporre di una spinta adeguata per superare gli attriti tra terreno e mantello, per controbilanciare e sostenere il fronte, e avere una riserva di potenza sufficiente a superare situazioni critiche (per es. nel caso di fermi tecnici prolungati in terreni rigonfiati).

- I martinetti di spinta devono essere posizionati in modo uniforme attorno al corpo dello scudo per permettere il posizionamento del numero dei conci di rivestimento e del concio di chiave previsti in progetto.
- La corsa di avanzamento deve essere dipendente dalla forma e lunghezza del concio di progetto.
- Per ciascun martinetto deve essere consentita la regolazione manuale del livello di pressione mediante potenziometri posizionati sul pannello di controllo installata nella cabina di comando.
- La spinta deve essere distribuita su un numero adeguato di settori, e comunque non inferiori a cinque, per consentire una migliore manovrabilità dello scudo.
- Almeno 4 martinetti devono essere equipaggiati con un misuratore di corsa elettronico collegato direttamente al quadro comandi.
- L’estremità di ogni martinetto deve essere equipaggiata con un cuscino ammortizzatore montato su un manicotto a sfera e di collegamento e coperto con poliuretano per assicurare un contatto uniforme con l’anello di rivestimento.

#### **2.4.8 Rivestimento**

Il rivestimento della galleria deve creare un sostegno stagno; deve essere messo in opera all’interno del mantello dello scudo immediatamente a seguito della macchina di scavo.

Committente Principale <b>RFI</b>	Alta Sorveglianza <b>ITALFERR</b>	Contraente Generale <b>NODAVIA s.c.p.a.</b>
<b>PASSANTE AV – LOTTO 2</b> GALLERIE NATURALI ESEGUITE CON SISTEMA MECCANIZZATO Specifiche tecniche macchine di scavo		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>DI 1° LIVELLO</b>

Per sopportare gli sforzi d'avanzamento dello scudo, gli elementi in calcestruzzo devono avere un'elevata resistenza meccanica e precisione geometrica, indispensabili per evitare lo sviluppo di sforzi che possono portare fino allo schiacciamento ed alla rottura.

La tenuta idraulica del rivestimento deve essere garantita da guarnizioni impermeabili montate sul perimetro dei conci.

### **Descrizione dei conci**

Il rivestimento definitivo consiste in anelli prefabbricati in cls armato della lunghezza di 150cm e spessore 40cm.

Il diametro degli anelli di rivestimento all'estradosso è di 9,10 m, quello all'intradosso di 8,30 m.

Secondo quanto previsto in progetto l'anello è costituito da sei elementi più il concio di chiave.

I conci devono presentare la superficie di estradosso quanto più possibile liscia e uniforme tramite una opportuna e necessaria finitura manuale con frattazzo in fase di scasso. In questo modo si riesce a garantire la durata prestazionale delle spazzole di tenuta tra concio e scudo.

I conci devono presentare una scanalatura sulle facce laterali per l'inserimento delle guarnizioni impermeabili in neoprene per la tenuta idraulica del rivestimento.

La geometria del concio e quindi dell'anello è stata definita tenendo conto dell'andamento plano-altimetrico del tracciato di progetto. Secondo quanto previsto in progetto definitivo è stato adottato un anello di tipo universale che consente, mediante la semplice rotazione di un anello rispetto al precedente attorno al proprio asse, di sfalsare i giunti longitudinali, di seguire l'andamento plano-altimetrico del tracciato e di apportare le eventuali necessarie correzioni in corso d'opera senza ricorrere ad elementi speciali. La curvatura intrinseca di ogni singolo anello (data dal non parallelismo tra le due facce dell'ideale cilindro secato) è stata tenuta non superiore all'80% della minima curvatura imposta dal tracciato, per consentire la correzione di eventuali deviazioni plano-altimetriche e poter comunque sfalsare i giunti longitudinali.

Da ogni concio, esclusa la chiave, dovrà essere possibile effettuare eventuali iniezioni supplementari di intasamento per mezzo di inserti passanti muniti di valvole di ritegno.

### **Modalità esecutive di montaggio**

I singoli conci saranno montati tra loro e collegati all'ultimo anello, già in opera, all'interno del mantello.

Nel montare un nuovo anello bisognerà assicurarsi che non ci siano giunti longitudinali allineati con l'anello precedente già montato. Bisognerà per ogni anello tenere nota della posizione del concio di chiave.

Committente Principale <b>RFI</b>	Alta Sorveglianza <b>ITALFERR</b>	Contraente Generale <b>NODAVIA s.c.p.a.</b>
<b>PASSANTE AV – LOTTO 2</b> GALLERIE NATURALI ESEGUITE CON SISTEMA MECCANIZZATO Specifiche tecniche macchine di scavo		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>DI 1° LIVELLO</b>

I conci dovranno essere assemblati, sia in senso circonferenziale sia longitudinale, mediante bulloni d'acciaio zincato che possono essere recuperati dopo 50 m circa della sezione di coda dello scudo. Si potranno prevedere soluzioni alternative di almeno pari efficienza come ad esempio connettori longitudinali, tra conci di anelli contigui, e barre guida posizionate sulle facce di contatto dello stesso anello montati prima del posizionamento del concio.

### ***Guarnizioni per la tenuta stagna***

La tenuta stagna tra i giunti (sia longitudinali che circonferenziali) dovrà essere garantita da una guarnizione di neoprene precaricata dal serraggio dei bulloni.

Deve essere garantita la piena tenuta sotto una pressione di 5 bar, tenuto in debito conto il possibile errore (sfalsamento) di montaggio. Le guarnizioni devono essere resistenti agli agenti atmosferici (raggi solari UV e calore) cui sono soggette durante lo stoccaggio dei conci all'aperto. Le guarnizioni dovranno essere montate con grande cura ricorrendo ad adeguati collanti per evitare in ogni modo il distacco dal suo alloggiamento in fase di stoccaggio, di movimentazione e di posa in opera.

### ***Guarnizioni per la ripartizione delle pressioni***

Nella sezione di contatto dei giunti sarà presente una placca di fibra dura o di materiale elastomerico al fine di assicurare la corretta ripartizione delle pressioni.

### ***Trasporto e montaggio dei conci***

I conci saranno trasportati in galleria su appositi carrelli su binario e scaricati sul convogliatore installato sul back-up, che a sua volta provvederà ad avvicinarli all'area di montaggio.

La movimentazione all'interno della galleria avverrà con un erettore ad anello munito d'idoneo sistema di aggancio dotato di tutte le sicurezze necessarie sopra descritte.

### ***Caratteristiche dei materiali***

- Calcestruzzo

Il calcestruzzo dovrà soddisfare la classe di resistenza Rck 45 N/mm<sup>2</sup>.

Con riferimento al punto 4.6.5 dell'Allegato 2.7.7 – Capitolato costruzioni opere civili, Rev. A, Sez. 6, opere in conglomerato cementizio – il C.G., di concerto con la A.S., verificherà preventivamente alla realizzazione delle opere la presenza e la concentrazione, nei terreni e nelle acque, di agenti aggressivi di cui alla norma UNI 8981. Nel caso di ambiente chimicamente aggressivo, il Progettista individuerà la classe di esposizione ambientale tra le classi XA1, XA2 e XA3, che sarà riportata nelle specifiche della miscela di calcestruzzo, negli elaborati del Progetto Esecutivo di Dettaglio.

Il calcestruzzo deve essere confezionato in un impianto di produzione con controlli automatici degli inerti, del cemento, dell'acqua e degli additivi.

Committente Principale <b>RFI</b>	Alta Sorveglianza <b>ITALFERR</b>	Contraente Generale <b>NODAVIA s.c.p.a.</b>
<b>PASSANTE AV – LOTTO 2</b> GALLERIE NATURALI ESEGUITE CON SISTEMA MECCANIZZATO Specifiche tecniche macchine di scavo		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>DI 1° LIVELLO</b>

La composizione e le caratteristiche fisico-meccaniche del calcestruzzo devono essere individuate mediante idonee prove approvate e controllate dalla D.L.

- Armatura

Dovrà essere del tipo FeB 44k controllato in stabilimento.

Il copriferro dovrà essere di almeno 40 mm.

#### **2.4.9 Sistema movimentazione conci**

##### **Movimentazione conci**

I conci verranno trasportati all'interno della galleria con mezzi di trasporto su rotaia sino al punto di scarico, e caricati su apposito convogliatore.

Il sistema del convogliatore può variare a seconda della configurazione che verrà definita nel Progetto Esecutivo di Dettaglio. Potrà essere costituito ad es. da un alimentatore conci, che immagazzina un set completo di anello, posto all'altezza dei binari di servizio, a ridosso del back-up, sul quale tramite un ponte gru omologato, vengono posati tutti i segmenti dell'anello. Da qui con un movimento di traslazione i conci verranno posti uno ad uno sotto la posizione di presa dell'erettore.

##### **Erettore**

Deve avere la capacità di movimentare conci delle dimensioni e peso previsti in progetto.

I sistemi di movimento dell'ereuttore, devono essere comandati idraulicamente, e devono permettere diverse possibilità: movimento assiale per lo smontaggio di uno o due anelli, erezione, rotazione del concio attorno all'asse principale dell'ereuttore, rotazione attorno all'asse della galleria, lenti movimenti finali in qualsiasi direzione. La trave di scorrimento dell'ereuttore deve essere di lunghezza tale che possa permettere la rimozione del penultimo anello posato in caso di rottura dell'anello stesso o di problemi alla guarnizione della coda.

Il sistema di aggancio può essere realizzato secondo diversi schemi: con pinze che stringono verso l'interno o verso l'esterno di una maschera metallica preventivamente imbullonata sulla superficie interna del concio, o con accoppiamento a vite su una femmina inglobata nel calcestruzzo, realizzata, a sua volta, in materiale plastico o con sistema a vuoto d'aria omologato. L'ereuttore deve essere dotato di sistema automatico di sicurezza che impedisce il sollevamento del concio nel caso di imperfetto aggancio.

Il controllo dell'ereuttore deve essere consentito tramite una stazione radio comandata ed una stazione fissa con controllo a distanza.



Committente Principale <b>RFI</b>	Alta Sorveglianza <b>ITALFERR</b>	Contraente Generale <b>NODAVIA s.c.p.a.</b>
<b>PASSANTE AV – LOTTO 2</b> GALLERIE NATURALI ESEGUITE CON SISTEMA MECCANIZZATO Specifiche tecniche macchine di scavo		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>DI 1° LIVELLO</b>

#### **2.4.10 Iniezione di intasamento a tergo dei conci**

Il riempimento a tergo dei conci mediante bicomponente permette di evitare assestamenti superficiali, cedimenti dei conci (off-set) e difficoltà di guida della TBM.

Le linee di iniezione saranno 6 disposte uniformemente lungo la circonferenza dello scudo. Per ciascuna posizione (alta e bassa) saranno definite una pressione minima ed una pressione massima che regoleranno la partenza e l'arresto delle pompe.

Le linee di iniezione della miscela bicomponente saranno n° 6 + 6 di riserva.

Sia le pompe di iniezione del componente A che del componente B saranno 6, ossia una per ciascuna linea.

#### **Modalità esecutive**

L'obiettivo è il riempimento longitudinale del vuoto tra la superficie esterna dei conci montati all'interno dello scudo ed il profilo di scavo nel terreno. L'iniezione avviene per mezzo delle linee dedicate nel numero di sei disposte nello scudo in modo da coprire uniformemente la superficie esterna dell'anello. Ciascuna linea, nel tratto interno allo scudo, ha una tubazione di riserva in modo che, in caso di intasamento, possa essere esclusa e pulita senza interrompere il processo.

#### **Miscela d'iniezione**

La miscela di iniezione riveste un ruolo fondamentale per la corretta esecuzione dell'opera e in particolare per un efficace controllo dei cedimenti in superficie. Dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- essere sufficientemente lavorabile per venire pompata con continuità;
- garantire tempi di presa compatibili con i livelli produttivi della macchina di scavo. Comunque il processo di presa dovrà svilupparsi entro 6÷8h dalla messa in opera;
- avere una viscosità tale da non disperdersi nel terreno, e tale comunque da consentire il pompaggio senza provocare otturazioni delle tubazioni.
- avere una composizione (da definire in fase di messa a punto della TBM) tale da permettere di riempire completamente il vuoto anulare tra concio e profilo di scavo;
- dovrà ovviamente tenere in conto le esigenze operative, in modo che la sua messa in opera non penalizzi l'ottimale ciclo di lavorazione;
- risultare idonea alla funzione definitiva di solidarizzazione, stabilizzazione dei conci e riempimento dei vuoti;
- essere confezionata preferibilmente direttamente in cantiere, e comunque da un impianto dedicato, onde evitare accidentale contaminazione con inerti non idonei che possono intasare e ostruire le linee di iniezione.

La miscela sarà del tipo bicomponente costituita da due sostanze che, iniettate separatamente attraverso la bocca di iniezione, a contatto tra loro formeranno un gel leggero. I due componenti

Committente Principale <b>RFI</b>	Alta Sorveglianza <b>ITALFERR</b>	Contraente Generale <b>NODAVIA s.c.p.a.</b>
<b>PASSANTE AV – LOTTO 2</b> GALLERIE NATURALI ESEGUITE CON SISTEMA MECCANIZZATO Specifiche tecniche macchine di scavo		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>DI 1° LIVELLO</b>

saranno costituiti uno da una miscela di materiale solidificante (cemento) con stabilizzatore e l'altro da un acceleratore di indurimento.

#### **2.4.11 Impianto aria compressa**

Il sistema di regolazione dell'aria compressa nella camera di scavo deve essere costituito, per motivi di sicurezza, da due impianti di regolazione, inseriti nel circuito dell'aria compressa, completi di stazioni di misura, sensori di pressione, riduttori di pressione, valvole di carico e scarico con regolazione di sicurezza elettronica a sovrappressione.

Una linea di alimentazione dovrà essere sempre in esercizio, mentre la seconda rimarrà in stand-by pronta ad entrare in funzione, attraverso un commutatore, in caso di guasto della prima condotta.

Le due linee dovranno essere collegate tra di loro attraverso una condotta dotata di valvola di ritegno per impedire il travaso da una linea all'altra.

Le indicazioni di pressione per i due condotti di alimentazioni devono trovarsi nella cabina comando.

La qualità dell'aria compressa generata dai compressori deve essere trattata e filtrata per assicurare aria respirabile e deve corrispondere ai requisiti indicati dalla normativa europea DIN 3188.

L'impianto di produzione di aria compressa deve garantire il mantenimento costante della pressione nella camera di scavo. Deve essere composto da almeno due elettrocompressori, uno per ciascuna linea di alimentazione, installati all'esterno, dotati di potenza e capacità adeguata a fornire il volume d'aria richiesto. Tali compressori dovranno essere tutti collegati in automatico in modo da intervenire immediatamente a qualsiasi calo di pressione. Inoltre sul back-up deve essere prevista l'installazione di un elettrocompressore d'emergenza per eventuali utilizzi collegati all'accesso del personale in ambiente iperbarico.

#### **2.4.12 Camere iperbariche**

La camera iperbarica per il personale dovrà essere omologata secondo le leggi vigenti in materia e deve consentire l'accesso al fronte nel modo più sicuro, agevole e rapido.

Dovrà prevedere le seguenti principali caratteristiche:

- camera principale per almeno 3 persone;
- camera di soccorso per almeno 2 persone;
- pressione di esercizio almeno sino a 3 bar.

Tali camere dovranno essere completamente equipaggiate con porte, oblò ed equipaggiamento interno e saranno localizzate nella parte superiore della struttura dello scudo. Le porte d'accesso devono permettere il passaggio di una lettiga per il trasporto delle persone. Ogni scomparto dovrà essere dotato di tutte le attrezzature necessarie e regolamentari per l'aria compressa, l'illuminazione, comunicazione ed i meccanismi di compressione e decompressione, sistema antincendio a pioggia

Committente Principale <b>RFI</b>	Alta Sorveglianza <b>ITALFERR</b>	Contraente Generale <b>NODAVIA s.c.p.a.</b>
<b>PASSANTE AV – LOTTO 2</b> GALLERIE NATURALI ESEGUITE CON SISTEMA MECCANIZZATO Specifiche tecniche macchine di scavo		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>DI 1° LIVELLO</b>

d'acqua, sistema d'emergenza per decompressione con ossigeno e finestre fisse per guardare all'interno. In ogni camera deve essere previsto un impianto antincendio ad acqua pressurizzata.

Infine deve essere prevista una camera iperbarica per la movimentazione di materiali ed utensili collocata in adiacenza a quella per il personale.

#### **2.4.13 Attrezzature speciali di perforazione**

La TBM deve essere attrezzata con una macchina di perforazione polivalente, in grado di eseguire eventuali fori in avanzamento dal fronte del diametro di 3" per sondaggi esplorativi sino a 40 m di lunghezza e per iniezioni di consolidamento sino a 20 metri attraverso tubi valvolati, dalle feritoie e tubi di guida predisposti nel mantello.

Durante la perforazione dovranno essere rilevati, con opportuni sensori, i parametri di funzionamento dell'attrezzatura di perforazione quali la spinta, la velocità d'avanzamento, l'energia assorbita, che forniscono la resistenza e quindi la consistenza dell'ammasso.

Dovranno essere utilizzate aste di perforazione e mezzi di perforazione in genere di materiale fresabile (ad es. alluminio) nel caso che si facciano perforazioni che ricadano nell'impronta dello scudo.

I tubi guida dovranno essere muniti di speciali valvole tipo "preventer" per evitare entrate incontrollate di materiale e acqua.

#### **2.4.14 Sistema AFSS**

La macchina sarà equipaggiata con un sistema addizionale di regolazione e controllo /AFSS (Additional Face Support System), automatico e manuale, che prevede l'iniezione di bentonite e/o schiume nella camera di scavo per compensare il rilassamento delle pressioni del materiale nonchè del livello all'interno della camera di scavo. Tale sistema opera nel seguente modo:

- Durante lo scavo: se dalla camera di scavo viene estratto per errore una quantità di materiale superiore a quella preventivata, riducendo conseguentemente la pressione, non appena questa raggiunge un valore di allarme viene immediatamente iniettata all'interno della camera bentonite fino a ristabilire il valore di pressione corretto. Contemporaneamente la TBM avanzerà senza estrarre materiale dalla camera di scavo.
- Durante i periodi fermo (manutenzione, imprevisti): se il materiale condizionato all'interno della camera si assesta riducendo il proprio volume e quindi la pressione esercitata sul fronte, appena il valore di quest'ultima scende sotto un valore di allarme verrà immediatamente iniettata bentonite fino a ristabilire valori di pressione superiori al valore critico

Committente Principale <b>RFI</b>	Alta Sorveglianza <b>ITALFERR</b>	Contraente Generale <b>NODAVIA s.c.p.a.</b>
<b>PASSANTE AV – LOTTO 2</b> GALLERIE NATURALI ESEGUITE CON SISTEMA MECCANIZZATO Specifiche tecniche macchine di scavo		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>DI 1° LIVELLO</b>

#### **2.4.15 Back-up**

I carri che compongono il back-up devono essere strutture metalliche con robustezza e rigidità adeguata alle sollecitazioni trasmesse dai diversi componenti presenti sullo stesso.

La struttura deve essere progettata per essere smontabile e trasportabile. La geometria dei carri deve essere idonea per affrontare le curve piano-altimetriche di progetto. Il back-up dovrà essere attrezzato con tutti i dispositivi adeguati per la movimentazione, trasporto e stoccaggio dei materiali e macchinari necessari per la costruzione della galleria (attrezzature per la movimentazione e posa delle rotaie di servizio dei treni di servizio, attrezzatura per lo scarico o sollevamento, movimentazione ed alimentazione dei conci sino all'erettore, eventuale serbatoio per lo stoccaggio della malta d'iniezione, pompe d'iniezione, trasformatori, quadri elettrici, avvolgicavo per la M.T. e B.T., sistema di lubrificazione della coda, sistema di allungamento dei tubi, officine, attrezzatura per la movimentazione, stoccaggio e posa della linea di ventilazione etc.). Deve essere provvisto di passaggi pedonali, guardavia e scale che assicurino un movimento sicuro e facile del personale.

#### **2.4.16 Impianto di ventilazione**

Il sistema di ventilazione sarà costituito da un impianto principale, collocato in prossimità dell'imbocco, e da un impianto secondario installato sul back-up.

L'impianto esterno deve essere costituito da due ventilatori (con relativi dispositivi silenziatori), di cui uno di emergenza, che interviene in caso di guasto di quello in esercizio, dimensionati per assicurare una ventilazione igienica, secondo la normativa vigente, e di sicurezza o antitossica, per annullare o ridurre gli effetti tossici di sostanze gassose e polveri eventualmente contenute nell'atmosfera. La quantità minima di aria fresca da immettere in galleria, durante il normale svolgimento delle attività, dovrà tenere conto del fabbisogno di ciascun addetto ai lavori che opera in sotterraneo e della necessità di diluizione dei gas prodotti dai motori diesel secondo valutazioni che saranno fornite in sede di progettazione esecutiva di dettaglio. In galleria, soprattutto in corrispondenza delle zone più calde (scudo e back-up), deve essere garantita una temperatura non superiore a 25° C. L'impianto deve essere insonorizzato per annullare o ridurre l'inquinamento acustico entro i limiti di tolleranza richiesti secondo la normativa vigente.

L'aria verrà inviata sino alla coda dello scudo con una tubazione circolare flessibile con diametro sufficiente per le portate necessarie.

In coda al back-up deve essere posizionato un ventilatore elettrico, a portata variabile e registrabile, per fornire la portata d'aria necessaria sino in prossimità dello scudo. Il ventilatore dovrà avere la portata necessaria per mantenere pressione e velocità dell'aria richiesta secondo la normativa vigente per i lavori in sotterraneo. In particolare modo deve essere garantita una temperatura non superiore a 25°. Tale ventilatore deve essere silenziato e deve presentare una griglia di protezione sull'aspirazione.

Committente Principale <b>RFI</b>	Alta Sorveglianza <b>ITALFERR</b>	Contraente Generale <b>NODAVIA s.c.p.a.</b>
<b>PASSANTE AV – LOTTO 2</b> GALLERIE NATURALI ESEGUITE CON SISTEMA MECCANIZZATO Specifiche tecniche macchine di scavo		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>DI 1° LIVELLO</b>

#### **2.4.17 Cabina di comando e controllo**

La cabina di comando e controllo sarà climatizzata e dovrà alloggiare:

- posto di guida con tutta la strumentazione di controllo e visualizzazione di tutti i parametri della macchina;
- i computer di registrazione dei dati e parametri fondamentali del sistema;
- sistema di monitoraggio video dei punti nevralgici della TBM e del back-up (scarico del materiale dalla coclea sul nastro, etc.).

#### **2.4.18 Sistema di guida**

Il computer di bordo deve consentire la gestione della guida, dei controlli, degli allarmi e dei difetti della macchina e del sistema di scavo in genere.

I dati del monitoraggio devono essere registrati in tempo reale con una frequenza idonea per ogni tipologia di dato.

#### **2.4.19 Monitoraggio**

Lo scudo deve essere fornito di un sistema di controllo e registrazione dei parametri spaziali della macchina in rapporto all'asse teorico della galleria, basato sull'impiego di raggio laser, sistemi di rilevamento del punto laser sulla sezione di scavo, sistema inclinometrico dell'assetto assiale e trasversale del corpo macchina, elaboratore dei dati strumentali, schermo di lettura degli scostamenti attuali e previsti dell'asse piano-altimetrico reale dello scavo rispetto all'asse teorico.

Devono essere fornite almeno le seguenti informazioni:

- Posizione altimetrica rispetto all'asse teorico;
- Posizione planimetrica rispetto a quella teorica;
- Inclinazione verticale ed orizzontale rispetto all'asse teorico;
- Tendenza (sia verticale sia orizzontale) rispetto all'asse teorico;
- Rullaggio dello scudo (rotazione intorno al proprio asse);
- Rilevamento in coordinate della posizione dello scudo;
- Rilevamento della progressiva d'avanzamento riferita al bordo anteriore dello scudo.

Gli spostamenti ammissibili piano-altimetrici dell'asse reale rispetto a quello teorico potranno avere una tolleranza non superiore a  $\pm 10$  cm, sia sull'asse verticale che su quello orizzontale.

#### **Testa fresante e camera di scavo**

I parametri da registrare sono almeno i seguenti:

- Momento torcente della ruota di scavo;
- Velocità di rotazione della ruota di scavo;
- Penetrazione testa fresante;
- Direzione di rotazione della testa fresante;

Committente Principale <b>RFI</b>	Alta Sorveglianza <b>ITALFERR</b>	Contraente Generale <b>NODAVIA s.c.p.a.</b>
<b>PASSANTE AV – LOTTO 2</b> GALLERIE NATURALI ESEGUITE CON SISTEMA MECCANIZZATO Specifiche tecniche macchine di scavo		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>DI 1° LIVELLO</b>

- Consumo corrente motori testa fresante;
- Profilo della sezione di extrascavo;
- Posizione portelloni di brandeggio;
- Pressione dei sensori nella camera di scavo;
- Pressione e portata aria compressa in fase di manutenzione;
- Pressione e portata bentonite in fase di macchina ferma con camera piena.

### **Sistema di spinta**

I parametri da registrare sono almeno i seguenti.

- Pressione dei martinetti di spinta;
- Corsa martinetti di spinta;
- Velocità d'avanzamento;
- Forza totale di avanzamento.

### **Sistema iniezione additivi**

I parametri da registrare sono almeno i seguenti;

- Quantità, pressione e tipologia additivi iniettati per ogni linea della testa fresante;
- Quantità, pressione e tipologia additivi iniettati per ogni linea della camera di scavo;
- Quantità, pressione e tipologia additivi iniettati per ogni linea della coclea;
- Per ogni tipologia di additivo le sue caratteristiche fisiche/meccaniche principali;
- Per ogni generatore di schiuma: FIR (Foam Injection Rate), FER (Foam Expansion Rate), Cf (Concentrazione agente schiumogeno), Q (portata schiuma prodotta).

### **Sistema iniezione malta**

I parametri da registrare sono almeno i seguenti:

- Pressione linee di iniezione misurata in prossimità del punto di iniezione;
- Portata e pressione di ogni pompa.

### **Sistema iniezione grasso**

- Pressione grasso in ogni punto terminale di delle linee di alimentazione;
- Portata grasso in ogni punto terminale di delle linee di alimentazione.

### **Sistema estrazione materiale**

- Velocità di rotazione della coclea;
- Coppia impegnata;
- Pressione di terra all'entrata, all'uscita e in un punto intermedio della coclea;
- Coefficiente riempimento della coclea;
- Misura della corsa portello della coclea;
- Peso del materiale scaricato, attraverso le due bilance installate sul nastro;

Committente Principale <b>RFI</b>	Alta Sorveglianza <b>ITALFERR</b>	Contraente Generale <b>NODAVIA s.c.p.a.</b>
<b>PASSANTE AV – LOTTO 2</b> GALLERIE NATURALI ESEGUITE CON SISTEMA MECCANIZZATO Specifiche tecniche macchine di scavo		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>DI 1° LIVELLO</b>

- Volume del materiale scaricato, attraverso scanner installato sul nastro;
- Misura gas metano all'uscita della coclea;
- Forza di tiro.

#### **Altre misure**

- Temperature e livelli degli olii relativi ai singoli sistemi oleodinamici della macchina (sistema di scavo, sistema di spinta, erettore, coclea, nastro trasportatore, convogliatore conci, etc.) evidenziando i valori di soglia d'attenzione e d'allarme;
- Pressione sistema aria compressa;
- Monitoraggio condizioni ambientali in galleria (temperatura, umidità, ...);
- Portata sistema di ventilazione;
- Dati relativi all'eventuale perforazione al contorno/ in avanzamento, in particolare spinta, la velocità d'avanzamento, l'energia assorbita.

#### **Dati di produzione**

- Numero anello;
- Posizione del concio di chiave;
- Tempo/data di inizio anello;
- Tempo data di completamento anello;
- Tempo totale per anello;
- Tempo totale in avanzamento;
- Tempo totale di assemblaggio concio;
- Tempo totale di fermo.

Il sistema di registrazione ed elaborazione dei dati deve permettere la rappresentazione dei risultati mediante grafici immediatamente comprensibili con unità di misura e scala dei tempi opportuna.

Il software di gestione dei dati deve permettere ulteriori operazioni matematiche sulla serie di misure per agevolarne l'interpretazione.

Tutti i dati sopra elencati devono essere messi in relazione con i dati provenienti dal monitoraggio in superficie, di cui alla Relazione sul monitoraggio, in modo da modificare i parametri della lavorazione per minimizzare i cedimenti in superficie.

Tutti i dati relativi ai parametri di scavo, ai parametri operativi della macchina nel suo complesso, alle deformazioni indotte sia in profondità che in superficie, dovranno essere messi a disposizione della Direzione Lavori e del Progettista, in modo assolutamente trasparente. Tali dati dovranno essere disponibili in continuo o con la periodicità indicata, sia in cantiere che in ogni altra sede, compreso all'interno della macchina stessa, sotto forma di grafici immediatamente leggibili, strutturati ed elaborati secondo quanto indicato dalla Direzioni Lavori o dal Progettista.

Committente Principale <b>RFI</b>	Alta Sorveglianza <b>ITALFERR</b>	Contraente Generale <b>NODAVIA s.c.p.a.</b>
<b>PASSANTE AV – LOTTO 2</b> GALLERIE NATURALI ESEGUITE CON SISTEMA MECCANIZZATO Specifiche tecniche macchine di scavo		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>DI 1° LIVELLO</b>

### 3. NOTE SULLA SICUREZZA

Le indicazioni e prescrizioni che seguono riguardano solo alcuni aspetti della sicurezza, sono di larga massima e sono quindi da intendersi come puramente indicative. Il completamento e la definizione delle specifiche saranno oggetto della fase di progettazione esecutiva e di dettaglio.

#### 3.1 *Monitoraggio atmosferico in galleria*

La TBM deve essere dotata di apparecchiature per il monitoraggio atmosferico in grado di rilevare carenza di ossigeno, la presenza di gas infiammabili (es. metano), di gas tossici e radioattivi (es. radon).

I sensori di rilevazione dovranno essere montati il più vicino possibile al fronte di lavoro e lungo il back-up.

Tutte le apparecchiature per il monitoraggio atmosferico dovranno azionare segnali acustici e ottici nel caso di concentrazioni pericolose di gas tossici e/o infiammabili o in caso di carenza di ossigeno. Tutte le apparecchiature e i segnali elettrici necessari al monitoraggio e alla gestione dell'emergenza dovranno essere a tenuta stagna e antideflagranti.

Tutte le apparecchiature elettriche devono essere dotate di un elevato grado d'impermeabilità all'acqua.

#### 3.2 *Sistema antincendio in galleria*

Lo scudo e il back-up devono essere dotati di sistemi antincendio oppure, in alternativa, di estintori con una massa di agente schiumogeno. L'agente antincendio sarà adatto per tutte le classi di fuoco.

I sistemi antincendio dovranno essere distribuiti sulla macchina e sul back-up in luoghi dove il rischio è particolarmente alto, quali ad es.:

- Area dell'operatore principale;
- In prossimità dei motori principali della testa fresante;
- Gruppi idraulici d'alimentazione d'energia elettrica;
- Cabine elettriche;
- Trasformatori;
- Quadri elettrici.

#### 3.3 *Operazioni di manutenzione*

Tutte le procedure per la manutenzione al fronte, per il controllo dello stato della testa, per il controllo dello stato degli ugelli, per la verifica dello stato degli utensili di scavo e loro eventuale sostituzione dovranno essere condotte con la camera di scavo parzialmente o totalmente sgombera ma comunque sempre in pressione, garantita dal sistema di generazione d'aria compressa di cui in seguito. Prima di



Committente Principale <b>RFI</b>	Alta Sorveglianza <b>ITALFERR</b>	Contraente Generale <b>NODAVIA s.c.p.a.</b>
<b>PASSANTE AV – LOTTO 2</b> GALLERIE NATURALI ESEGUITE CON SISTEMA MECCANIZZATO Specifiche tecniche macchine di scavo		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b> <b>DI 1° LIVELLO</b>

cominciare le operazioni di manutenzione bisognerà assicurarsi che la pressione impostata si mantenga stabile nel tempo, come prova per l'impermeabilità alla aria del fronte, precedentemente trattato con fanghi bentonitici in modo da ottenere un opportuno cake.

### **3.4 Alimentazione elettrica di emergenza**

Deve essere assicurata l'alimentazione elettrica di emergenza per alcuni componenti del sistema EPB per mezzo di gruppi elettrogeni che intervengono automaticamente in caso di interruzione dell'alimentazione elettrica. Tali gruppi devono consentire il mantenimento dei seguenti sistemi essenziali ai fini del mantenimento delle condizioni di sicurezza del fronte di scavo e dell'ambiente di lavoro:

- Illuminazione zona scudo, back-up e galleria;
- Ventilazione;
- Produzione aria compressa e sistemi di regolazione dell'aria compressa al fronte;
- Sistemi di controllo elettrici dello scudo;
- Funzionamento del PLC di bordo;
- Sistema AFSS.

### **3.5 Altro**

Sul back-up dovranno essere distribuiti interruttori di emergenza per l'arresto immediato o per mettere fuori esercizio temporaneo alcuni organi meccanici in movimento.

Il back-up e la TBM dovranno sempre poter essere in contatto telefonico o radio con l'esterno.

Deve essere sempre assicurato il contatto telefonico tra le camere iperbariche, la camera di scavo e la cabina comando e controllo.

Nella camera di scavo devono essere installati punti luce.