



TIPO ANNO  
**Reg. PG 2009 272843**  
del 27/11/2009

DS

**AI RESPONSABILI DEL DIPARTIMENTO  
DELLA PREVENZIONE DELLE AZIENDE USL  
DELLA TOSCANA**

**AI RESPONSABILI DEL DIPARTIMENTO  
DI SANITÀ PUBBLICA DELLE AZIENDE USL  
DELL'EMILIA-ROMAGNA**

**e p.c.**

**AL MINISTERO DEL LAVORO, DELLA SALUTE E  
DELLE POLITICHE SOCIALI**

**AL RESPONSABILE DEL DIPARTIMENTO  
TECNOLOGIE DI SICUREZZA  
ISPESL**

**ALLA CONFERENZA DELLE REGIONI E DELLE  
PROVINCE AUTONOME**

**ALLA COMMISSIONE SALUTE DELLA  
CONFERENZA DELLE REGIONI E DELLE P. A.**

**AL DIRETTORE DELLA DIREZIONE  
REGIONALE DEL LAVORO TOSCANA**

**AL DIRETTORE DELLA DIREZIONE  
REGIONALE DEL LAVORO EMILIA-ROMAGNA**

**AI RESPONSABILI REGIONALI  
DELLE ORGANIZZAZIONI SINDACALI  
FILLEA-CGIL, FILCA-CISL, FENEAL-UIL**

**ALLE ASSOCIAZIONI DATORIALI REGIONALI**

**A A.N.A.S. S.p.A.**

**A AUTOCAMIONALE DELLA CISA S.p.A.**

**A AUTOSTRADE PER L'ITALIA S.p.A.**

**A SPEA- INGEGNERIA EUROPEA S.p.A.**

**A R.F.I. S.p.A**

**A ITALFERR S.p.A.**

**A ASTALDI S.p.A.**

**A BALDASSINI - TOGNOZZI – PONTELLO  
COSTRUZIONI GENERALI S.p.A.**

**A CO.E.STRA S.p.A.**

**A LAGARO S.C. a R.L.**

**A LOTTO 5A S.C. a R.L.**

**A METRO PARMA S.p.A.**

**A CONDOTTE S.p.A.**

**A S. BENEDETTO VAL DI SAMBRO S.C. a R.L.**

**A TODINI COSTRUZIONI GENERALI S.p.A.**

**A TOTO S.p.A.**

**Oggetto: Standard di sicurezza contro il rischio di infortunio da caduta gravi nei lavori a ridosso del fronte di gallerie scavate con tecnica tradizionale**

Le caratteristiche geomeccaniche e geostrutturali dei terreni e degli ammassi rocciosi condizionano sensibilmente le modalità di scavo delle gallerie, la velocità di avanzamento del fronte, gli interventi di consolidamento ed il tipo di rivestimento da mettere in opera.

Ogni avanzamento del fronte, nelle gallerie scavate con tecnica tradizionale (perforazione e sparo, martello demolitore, ripper, fresa puntuale, ecc.), si ottiene asportando, con una successione ordinata e razionale di azioni elementari, porzioni di terreno o di roccia la cui entità è definita dal progetto.

A tergo dell'avanzamento si mette in opera il rivestimento di prima fase ed a seguire il rivestimento definitivo.

Tra tutte le azioni necessarie per conseguire l'avanzamento, variabili in dipendenza delle caratteristiche geomeccaniche e geostrutturali del mezzo da attraversare, alcune impongono la presenza di lavoratori a ridosso del fronte appena scavato, per l'esecuzione di attività prevalentemente manuali quali: la posa in opera della centina, il suo collegamento alla precedente con le cosiddette catene ed i controlli del corretto allineamento, la posa in opera del puntone e di elementi strutturali per il consolidamento di prima fase, il caricamento dell'esplosivo nei fori da mina, ecc.

Durante queste operazioni i lavoratori sono esposti al pericolo di caduta gravi o di porzioni di ammasso.

Per annullare questa tipologia di rischio, occorre indirizzare risorse ed energie per individuare soluzioni alternative rivolte a sostituire il lavoro manuale con sistemi meccanizzati e/o robotizzati, tenuto conto che molte di queste operazioni a prevalente carattere manuale sono ancora svolte con le stesse modalità di alcune decine di anni fa, quando l'avanzamento era realizzato con il metodo a sezione parzializzata.

Occorre considerare che, con l'adozione di rilevanti altezze di scavo, nel metodo a piena sezione, l'energia di impatto a terra associata a caduta di gravi ha subito un notevole incremento. Ad esempio, nel caso di una galleria autostradale a 3 corsie, l'altezza della sezione di scavo raggiunge generalmente i 13 m (ove si tenga conto anche dello scavo per l'arco rovescio). Si tratta di dimensioni confrontabili con quelle di un edificio a più piani.

La sicurezza dei lavoratori che devono operare in prossimità del fronte "fresco di scavo" é legata a più aspetti, di seguito elencati e trattati nel presente documento:

- valutazione dello specifico rischio di infortunio provocato da caduta di gravi;
- sostituzione delle fasi di lavoro manuale a ridosso del fronte con l'adozione di nuove tecnologie, meccanizzate e/o robotizzate. In alternativa, adozione di procedure che riducano drasticamente il numero dei lavoratori esposti che, comunque, devono essere adeguatamente protetti dagli effetti della caduta di gravi, ed i tempi di permanenza al fronte;
- adeguata opera di disgregazione volta ad eliminare blocchi o porzioni di ammasso instabili o poco coesi;
- progettazione esecutiva delle tecniche di posa in opera del rivestimento di prima fase che consideri gli aspetti connessi alla sicurezza dei lavoratori rispetto alla caduta di gravi rilasciati dalle superfici appena scavate;
- progettazione e realizzazione di idonee strutture di protezione, contro gli effetti associati alla caduta di gravi, da installare sulle piattaforme elevabili, utilizzate per lavori al fronte;
- definizione delle modalità di controllo in cantiere della corretta applicazione di quanto previsto dai precedenti punti.

Con riferimento alle piattaforme elevabili che operano a ridosso del fronte, si fa presente che nel 1996, all'avvio dei lavori della TAV, le macchine operanti in sotterraneo avevano la piattaforma dotata di protezione contro gli effetti associati alla caduta di gravi.

Nelle gallerie autostradali, attualmente in corso di scavo, caratterizzate da dimensioni maggiori rispetto a quelle ferroviarie, si fa ricorso a piattaforme mobili installate su sollevatori telescopici, progettate per l'impiego nel settore industriale o agricolo ove non é prevista la suddetta protezione. Questa soluzione costituisce una riduzione del livello di sicurezza perché non sono state prese in esame le esigenze di sicurezza del contesto specifico in cui la macchina deve operare.

D'altra parte, detto rischio é stato preso in considerazione, in sede di normazione europea, per le piattaforme di lavoro montate sul braccio di macchine perforatrici destinate ad operare in sotterraneo (norma UNI EN 791 edizione maggio 1997). Dette piattaforme devono essere dotate di struttura protettiva FOPS conforme alla norma ISO 3449.

La Nota è stata redatta dal Gruppo interregionale Alta Velocità, costituito da operatori dei Servizi di Prevenzione e Sicurezza negli Ambienti di Lavoro delle Aziende USL e da operatori delle Regioni interessate, con la collaborazione del Dipartimento DICMA (Dipartimento di Ingegneria Chimica, Mineraria e delle Tecnologie Ambientali) dell'Università di Bologna, del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze e da tecnici di SPEA Ingegneria Europea S.p.A.

Il documento è stato approvato dal Gruppo tecnico interregionale prevenzione, igiene e sicurezza nei luoghi di lavoro e trasmesso in data 28 luglio 2009 dal Coordinatore della Commissione Salute agli Assessorati alla Sanità delle Regioni e Province autonome e alla Commissione Consultiva permanente per la Salute e Sicurezza sul lavoro, presso il Ministero del lavoro, della salute e delle politiche sociali, per gli adempimenti necessari.

Si invitano i Servizi di vigilanza in indirizzo ad informare i soggetti interessati e a verificare l'applicazione della presente nota nell'ambito della propria attività di controllo.

Si allega: "Standard di sicurezza contro il rischio di infortunio da caduta gravi nei lavori a ridosso del fronte di gallerie scavate con tecnica tradizionale"

**Regione Emilia Romagna  
Assessorato Politiche  
per la Salute**

**Servizio Sanità Pubblica  
PIERLUIGI MACINI**

**Regione Toscana  
Dipartimento del Diritto alla Salute  
e delle Politiche di Solidarietà**

**Settore Prevenzione e Sicurezza  
MARCO MASI**

## **Standard di sicurezza contro il rischio di infortunio da caduta gravi nei lavori a ridosso del fronte di gallerie scavate con tecnica tradizionale**

### **1. PREMESSA**

I metodi e le tecniche di scavo per la realizzazione di gallerie sono profondamente mutati con il passare degli anni.

Agli inizi del secolo scorso le gallerie erano generalmente di piccola sezione e quelle di grande sezione erano realizzate con metodo di scavo che suddivideva il fronte in più sezioni di minore estensione (parzializzazione del fronte). In altri termini, gli operatori e le macchine erano impegnati su fronti di ampiezza molto ridotta rispetto alle attuali dimensioni delle grandi opere ferroviarie ed autostradali in corso di realizzazione.

Pertanto, nel passato, il lavoro era caratterizzato da un'alta incidenza della manodopera che eseguiva, perlopiù manualmente, le azioni elementari necessarie per realizzare l'avanzamento e per mettere in opera il sostegno della porzione scavata. Le macchine e le attrezzature erano anch'esse di dimensioni proporzionate alle ridotte sezioni ed ai limitati avanzamenti.

La successiva meccanizzazione ha visto l'introduzione di macchine ed impianti di grande potenza che ha aumentato la produttività permettendo un incremento notevole delle sezioni di scavo e dei metri di avanzamento per turno. D'altro canto ha introdotto, insieme con una drastica riduzione della manodopera, una maggiore complessità nelle lavorazioni che, se non sono affidate a personale altamente competente e consapevole dei pericoli connessi alle lavorazioni, si traduce in un aumento dei rischi di infortunio per le maestranze.

Negli scavi eseguiti con approccio tradizionale sono presenti fasi di lavoro che possono essere definite come estremamente delicate, poiché impongono al lavoratore di operare a ridosso di fronti appena scavati, ovvero in aree soggette ad un elevato pericolo di caduta di gravi.

Tra queste fasi si possono ricordare: la messa in opera della centina, il suo collegamento alla precedente con le cosiddette catene ed i controlli del suo corretto allineamento, la messa in opera del puntone e di elementi strutturali per il consolidamento di prima fase, il caricamento dell'esplosivo nei fori da mina.

Tra le macchine che operano a ridosso o sul fronte, alcune sono dotate di sistemi di protezione dell'operatore in cabina, così come previsto dalle normative FOPS e Front Guard.

Nelle gallerie autostradali, attualmente in corso di scavo, si fa ricorso a piattaforme mobili installate su sollevatori telescopici, progettate per l'impiego nel settore industriale o agricolo ove non è prevista la suddetta protezione.

D'altra parte, detto rischio è stato preso in considerazione, in sede di normazione europea, per le piattaforme di lavoro montate sul braccio di macchine perforatrici destinate ad operare in sotterraneo (norma UNI EN 791 edizione maggio 1997). Dette piattaforme devono essere dotate di struttura protettiva FOPS conforme alla norma ISO 3449.

La presente Nota Interregionale si prefigge lo scopo di fornire indicazioni per ridurre il rischio di infortunio associato alla presenza di lavoratori a ridosso dei fronti di ampia superficie. Essa è redatta considerando che la sicurezza dei lavoratori impegnati al fronte di scavo delle gallerie è un obiettivo che deve essere perseguito dall'azione concertata di tutti i differenti soggetti coinvolti nel processo di costruzione.

Nel seguito si farà riferimento ad una figura professionale indicata con il termine "Preposto al fronte". Questo è un tecnico dedicato alle lavorazioni al fronte che deve possedere esperienza documentata nella valutazione delle condizioni di stabilità del fronte alla piccola scala. Quanto meno deve essere in grado di dirigere, sulla base di una valutazione oggettiva delle condizioni di sicurezza, le operazioni a ridosso del fronte e, nel corso delle attività, di prevedere tempestivamente condizioni di crollo o rilascio da porzioni, comunque limitate, delle superfici fresche di scavo.

## **2. AMBITO APPLICATIVO**

La presente Nota Interregionale tratta dei problemi di sicurezza associati al rischio di infortunio provocato da caduta di gravi nei lavori a ridosso del fronte in gallerie di grande sezione, realizzate con approccio tradizionale, e delle misure di buona tecnica che devono essere poste in essere per garantire l'incolumità fisica degli operatori.

Si precisa che il contenuto della presente Nota, per l'analogia di rischio infortunistico, si applica anche ai cantieri con i quali, all'interno della galleria in costruzione, si realizzano le strutture accessorie, quali i "nicchioni", i "bypass", ecc.

## **3. VALUTAZIONE DEL RISCHIO**

La valutazione del rischio di infortunio provocato da caduta di gravi a ridosso del fronte e la sua minimizzazione è innanzitutto un obbligo del Committente (D.Lgs. 81/08, art. 90, comma 1, già previsto dal D.Lgs. 494/96 art. 3, comma 1), obbligo che deve essere attuato già nella fase di progettazione dell'opera attraverso la collaborazione tra il Progettista ed il Coordinatore per la Sicurezza durante la Progettazione (CSP).

La valutazione e la minimizzazione dei rischi durante la fase di esecuzione dell'opera è un obbligo del Coordinatore per la Sicurezza durante la Realizzazione dell'Opera (CSE), dell'Affidataria e dei Datori di Lavoro delle imprese esecutrici.

Il Progetto, il PSC ed i POS delle singole imprese, ognuno per quanto di competenza, devono contenere la valutazione di questo rischio, comprensiva delle misure di prevenzione, con gli eventuali aggiornamenti che dovessero risultare necessari.

L'analisi deve considerare le caratteristiche dell'ammasso ed il suo comportamento geomeccanico in fase di scavo, il metodo e la tecnica di scavo, il tipo di macchine operatrici utilizzate, l'entità dello sfondo e la velocità di avanzamento, nonché il tipo di intervento di prima fase e le sue modalità di realizzazione.

Ogni fase di lavoro che impone la presenza di personale a ridosso del fronte va analizzata, anche nelle singole operazioni che la compongono, per individuare le azioni

più efficaci per ridurre il rischio di investimento del personale da gravi e, più in generale, da processi di instabilità locale. Tale analisi deve considerare (in ordine di priorità):

- l'ottimizzazione del numero di fasi/operazioni (conseguibile, ad esempio, adottando una diversa tecnologia o modificando l'organizzazione);
- la sostituzione di fasi/operazioni manuali con fasi/operazioni robotizzate o meccanizzate, svolte, con macchine idonee, da operatori collocati in postazione sicura;
- l'ottimizzazione della durata delle fasi/operazioni e del numero di operatori al fronte, ottenuta attraverso un'attenta analisi gestionale ed organizzativa del processo lavorativo;
- l'accurata progettazione/definizione in termini di sicurezza delle fasi/operazioni da compiere, delle attrezzature e delle procedure di lavoro, del sistema delle responsabilità e delle autorizzazioni e dei controlli in cantiere;
- la puntuale gestione e la costante verifica di quanto pianificato.

La riduzione o l'annullamento del rischio residuo che rimane dopo l'effettuazione dell'analisi sopra descritta, deve essere conseguito:

- a) garantendo le condizioni per un'agile e rapida fuga dalla zona soggetta ad impatto. Pertanto il piano di calpestio deve essere mantenuto sgombero da ogni elemento od ostacolo che impedisca il rapido allontanamento del personale e devono essere evitate tutte quelle lavorazioni che impediscano la fuga dalla zona soggetta a caduta di gravi;
- b) vietando lo svolgimento contemporaneo di più azioni elementari al fronte (disgaggio, smarino, perforazione, abbattimento meccanico, ecc.);
- c) riducendo i lavoratori al numero strettamente indispensabile per lo svolgimento della singola azione elementare;
- d) limitando il tempo di permanenza degli operatori in prossimità del fronte.

L'applicazione delle voci a), b), c) permette di limitare allo stretto indispensabile gli scenari che devono essere tenuti sotto stretto controllo dall'operatore al fronte.

Infatti l'applicazione delle voci a) e b) permette di evitare l'infortunio garantendo una fuga agile, lineare e senza ostacoli.

L'applicazione delle voci b), c) e d) permette di prevenire l'infortunio in quanto l'attenzione dell'operatore resta limitata al lavoro che sta eseguendo ed alle pareti da cui potrebbe avere origine il distacco di gravi e riduce il numero degli esposti.

Il lavoro manuale a ridosso del fronte deve, comunque, essere assoggettato ad esplicita autorizzazione, accordata dal Preposto al fronte previa verifica delle condizioni di sicurezza.

La ripartizione dei compiti operativi fra l'impresa affidataria e le altre imprese va definita anche in base a quanto indicato nella Nota Interregionale n° 37 "Sicurezza della fase di scavo" prot. PG/2008/76500 del 20/03/2008.

I rischi e le associate misure di protezione adottate devono essere comunicati agli operatori coinvolti nei lavori a ridosso del fronte con una specifica e formale riunione rivolta alla informazione – formazione.

Nei capitoli seguenti si analizzano alcuni degli elementi essenziali per una corretta valutazione del rischio di infortunio da caduta di gravi.

#### 4. ELIMINAZIONE DELLE FASI DI LAVORO MANUALE MEDIANTE L'ADOZIONE DI NUOVE TECNOLOGIE O DI PROCEDURE ALTERNATIVE

Lo scavo delle gallerie con tecniche tradizionali si avvale di potenti macchine operatrici che hanno minimizzato l'incidenza del lavoro umano e, più radicalmente, di quello manuale, e centuplicato la produttività. Solo qualche decennio addietro la perforazione era eseguita con operatori al fronte che adoperavano perforatrici manuali con servosostegno mentre attualmente si impiegano Jumbo, a tre e più bracci, con la perforazione gestita da software che governa i movimenti dei bracci, e con la cabina dell'operatore distante dal fronte, insonorizzata e climatizzata.

Il progresso tecnico e tecnologico non pervade in maniera generalizzata tutta l'ingegneria degli scavi tanto che sono ancora presenti alcune fasi di lavoro che impongono la presenza di lavoratori a ridosso del fronte appena scavato.

D'altra parte, la tutela della sicurezza dei lavoratori impone che si orientino con urgenza risorse ed energie per individuare soluzioni tecniche, eventualmente già disponibili nel mercato, che rendano possibile la sostituzione di quote di lavoro manuale con soluzioni meccanizzate e/o robotizzate.

Conseguentemente, la presente Nota sollecita i committenti, le imprese costruttrici, i fabbricanti di macchine e di attrezzature di cantiere ad investire risorse umane e finanziarie nella realizzazione di nuove soluzioni, tecnicamente d'avanguardia, indirizzate ad una riduzione dei rischi associati alle fasi pericolose.

In sede di progetto deve essere valutata attentamente l'adottabilità delle più recenti soluzioni tecniche disponibili, prediligendo quelle a minore intensità di lavoro manuale ed in grado di tutelare, al massimo livello desumibile dai più avanzati risultati della ricerca tecnologica e gestionale, i lavoratori esposti al pericolo di impatto conseguente a caduta di gravi.

#### 5. OPERA DI DISGAGGIO

Il disgaggio è un'operazione che riveste notevole importanza nel sistema di interventi rivolti a garantire la sicurezza dei lavoratori operanti a ridosso del fronte, poiché serve a neutralizzare le condizioni di instabilità locale o puntuale, non considerate nel progetto statico della galleria che si occupa dei problemi di stabilità globale.

Il termine disgaggio ha origine mineraria ed indica lo scalzamento, con operazione manuale, di frammenti di roccia potenzialmente instabili, tramite una leva od un palanchino, entrambi di acciaio, sufficientemente lunghi ma anche maneggevoli, caratterizzati da una delle due estremità a forma di punta e dall'altra a forma di unghia.

L'azione di disgaggio è rivolta a conseguire due differenti obiettivi:

- sicurezza. L'azione è mirata a rimuovere i frammenti o le porzioni di terreno o roccia pericolanti che potrebbero franare ed investire uomini e macchine operatrici. In altri termini, il disgaggio elimina condizioni di instabilità "puntuale";



- produzione. L'intervento è teso ad aumentare il quantitativo di materiale asportabile dal fronte in avanzamento, indebolito dalle azioni di abbattimento meccanico o con la detonazione di cariche esplosive.

Le due azioni devono essere condotte con approcci specifici per ciascuna delle due finalità.

In questa Nota si fa riferimento al disgaggio di sicurezza. Questo deve essere eseguito prima di ogni altra operazione prossima alla superficie di contorno della cavità ottenuta con l'avanzamento del fronte (superficie di scavo) e deve essere condotto sulla base dei risultati dell'esame accurato della superficie da "bonificare" (fronte e pareti dello scavo). Tale esame deve essere eseguito da personale esperto nella valutazione dei potenziali fenomeni di instabilità e degli effetti indotti dalle azioni di disgaggio. Infatti, se questa operazione è mal eseguita o condotta con attrezzatura impropria può portare, rispettivamente, a trascurare porzioni instabili oppure ad estendere i processi di instabilità.

Poiché la sezione delle gallerie ferroviarie ed autostradali in corso di realizzazione è caratterizzata da un ampio "diametro equivalente", con altezza, misurata in corrispondenza della chiave di volta, che supera, perlopiù, i 12 m, la valutazione "da terra" delle condizioni di instabilità puntuale non può raggiungere la stessa efficacia che si avrebbe portando "in quota" un operatore esperto che esamini a distanza ravvicinata le pareti da disgaggiare ed, eventualmente, effettui saggi delle condizioni di stabilità delle superfici "fresche" di scavo, battendo le pareti in esame.

È necessario che la valutazione sia eseguita dal Preposto al fronte che deve anche guidare l'operatore durante tutta l'azione del disgaggio indicando le porzioni di superficie che devono essere sottoposte all'intervento di bonifica e l'intensità dell'intervento stesso.

Si possono considerare due condizioni limite:

- superfici di scavo ottenute con la tecnica della perforazione e sparo o con martello demolitore in massicci rocciosi caratterizzati da elevata resistenza;
- superfici di scavo ottenute con macchina operatrice munita di benna rovescia dentata o di ripper in formazioni caratterizzate da bassi valori dei parametri di resistenza.

Nel primo caso il disgaggio è rivolto a rimuovere frammenti o cunei rocciosi instabili, individuati con l'esame preliminare, isolati da giunti naturali e dalla fratturazione indotta dall'energia conferita dalla tecnica di scavo (esplosivo o demolitore); nel secondo caso è mirato alla rimozione di porzioni di terreno pericolanti.

Il disgaggio deve essere sempre un'operazione accurata ma non invasiva, deve determinare la rimozione di tutte le porzioni di roccia o di terreno potenzialmente instabili o pericolanti presenti sul fronte e sul contorno del tratto di galleria ottenuto con l'avanzamento del fronte.

Nel caso degli ammassi rocciosi, la rimozione dei frammenti o cunei rocciosi non deve produrre ulteriore fratturazione e frantumazione della roccia e, conseguentemente, non deve generare nuove situazioni di instabilità.

Per contro, sia nel caso di avanzamenti con perforazione e sparo sia nei casi di avanzamenti con demolitore è generalizzato il disgaggio ricorrendo allo stesso martello demolitore utilizzato per l'avanzamento. Tale pratica presenta l'inconveniente che la maggior parte dell'energia è trasferita a porzioni di roccia sana, fratturandole e rendendole instabili (propagazione dell'instabilità).

Numerose ricerche scientifiche hanno sottolineato i rischi connessi all'ampliamento ed alla propagazione dello stato di fratturazione che sono indotti da martelli demolitori,

utilizzati impropriamente come “disgaggiatori”. Tali ricerche convergono nel suggerire, in alternativa, soluzioni manuali o meccanizzate. Queste ultime, però, devono essere meno invasive di quelle esercitate dal martello demolitore e riconducibili all’azione che esercita il palanco incuneato nelle discontinuità che isolano la porzione rocciosa potenzialmente instabile. L’azione del palanco è una sollecitazione statica, associata ad una rotazione, assai contenuta, della barra d’acciaio (leva) che provoca l’estrazione della porzione rocciosa.

In pratica, anche nei cantieri ad intensa meccanizzazione, il disgaggio deve essere eseguito con macchine in grado di riprodurre le azioni manuali eseguite con i palanchi oppure con macchine in grado di esercitare azioni dinamiche (colpi), a basso contenuto energetico, sulle porzioni instabili. Pertanto il disgaggio deve essere effettuato con punte quali quelle dei martelli disgaggiatori, già presenti sul mercato, che sono decisamente meno pesanti di quelle impiegate per l’avanzamento.

Nel caso di formazioni caratterizzate da medi o bassi valori dei parametri di resistenza l’avanzamento del fronte si ottiene con escavatore, munito di benna rovescia dentata o di ripper, talora integrati da martello demolitore. Le due fasi di avanzamento del fronte e del disgaggio tendono a non avere soluzione di continuità. Solitamente gli escavatori e gli utensili sono utilizzati per le due diverse fasi (produzione e disgaggio). Nei cantieri dove l’avanzamento con escavatore deve essere integrato da interventi con martello demolitore (per l’abbattimento di trovanti lapidei), spesso il disgaggio è eseguito impropriamente con la punta del demolitore utilizzata come un “ripper” ad un dente. Ma, come è noto, la punta del demolitore sottoposta ad azioni di taglio (sollecitazioni tangenziali) tende a rompersi. Inoltre, poiché il demolitore è una macchina pesante, dotata di movimenti molto limitati e rigidi, è improprio utilizzarlo in luogo di macchine/utensili più adatti a svolgere correttamente e compiutamente la rimozione di frammenti rocciosi e/o di porzioni di terreno pericolanti.

In queste formazioni, la stabilizzazione nei confronti di porzioni disarticolabili di terreno/roccia deve essere affidata a:

- un’attenta ispezione del fronte mediante la benna/ripper rivolta a saggiare la presenza di porzioni potenzialmente instabili;
- la realizzazione di un’opportuna forma concava del fronte, con freccia quanto più possibile ampia;
- l’applicazione di uno spessore di spritz beton (pre-spritz) calcolato per resistere alla spinta di porzioni instabili della superficie appena scavata (contenimento delle instabilità locali).

Con riferimento all’ultimo punto in elenco, si deve sottolineare che di norma il progetto stabilisce uno spessore di spritz sul fronte e sulle pareti appena scavate limitato a svolgere unicamente la funzione di isolare il terreno/roccia dall’aria di ventilazione e dall’umidità dell’aria. In altri termini il pre-spritz è rivolto a limitare il depauperamento del contenuto d’acqua o il decadimento delle caratteristiche geomeccaniche causato dall’assorbimento dell’acqua.

Per contro, il dimensionamento dello spessore del pre-spritz, ad opera del progettista, deve considerare anche il rischio di incidenti da rilascio di porzioni limitate di terreno. In altri termini, il progettista deve stabilire lo spessore di spritz in grado di impedire frane a carattere locale ed il tempo massimo di efficacia rispetto al contenimento di masse instabili.

In conclusione, il progetto deve indicare per ogni tipologia di formazione geologica attraversata le modalità di disaggio, specificando procedure, attrezzature e parametri tecnici idonei ad impedire il rilascio di gravi.

## 6. RUOLO DELLA PROGETTAZIONE RIGUARDO AGLI ASPETTI CONNESSI ALLA SICUREZZA DEI LAVORATORI

Una delle finalità principali del progetto è quella di definire, con grande dettaglio, le modalità di realizzazione dello scavo. Per garantire la regolarità e la continuità del processo costruttivo, secondo le previsioni tecnico-economiche, il progetto definisce le caratteristiche geomeccaniche e geostrutturali del mezzo da attraversare, gli interventi, le azioni e le indagini da sviluppare in corso d'opera per assicurare la stabilità "a livello di grande scala" della geometria dello scavo.

Per contro, la progettazione non si cura, se non marginalmente, delle attività che in cantiere devono essere rivolte a garantire il contenimento di processi di instabilità locale e/o di "piccola scala". Tali processi hanno grande rilevanza per la sicurezza delle maestranze e del personale coinvolti nella realizzazione dell'opera e la selezione delle attività da porre in essere per contenerli è demandata all'azienda costruttrice che, in sede operativa, affida ai preposti la scelta degli interventi rivolti al contenimento dei processi di instabilità.

La progettazione deve, invece, considerare e trattare non solo gli aspetti riguardanti:

- la stabilità globale della galleria in fase di scavo, rivolta a garantire il costante rispetto delle geometrie di progetto (dimensioni e forma della sezione), la stabilità, la durabilità e le prestazioni dell'opera in fase di esercizio;

ma anche:

- la stabilità locale o puntuale, che riguarda porzioni limitate delle superfici di scavo, rivolta a garantire la tutela della sicurezza del lavoro.

Con riferimento alle gallerie realizzate con il metodo a piena sezione e con tecniche tradizionali, gli aspetti progettuali relativi alla stabilità globale del cavo (stabilità su grande scala) si fondano sulla zonizzazione del mezzo da attraversare (ammasso roccioso o terreno) ricorrendo a indici di classifica basati su parametri geomeccanici. Per ciascuna delle zone, ritenute omogenee sotto il profilo geomeccanico, si determina la tipologia degli interventi di prima fase rivolti a contenere il livello delle convergenze.

Tali interventi possono essere ricondotti nella maggior parte dei casi, alla:

- realizzazione del consolidamento del fronte tramite infilaggi di tubi in vetroresina, coronelle, jet grouting, ecc.;
- esecuzione dello scavo di ribasso al piede del fronte per alloggiare il puntone e per l'installazione dello stesso;
- posa in opera della centina tramite le seguenti attività: suo sollevamento fino ad una posizione prossima alla verticale, parziale suo incatenamento alla centina precedente, controllo della giacitura del piano virtuale che la contiene rispetto all'asse della galleria, suo definitivo incatenamento;
- posa in opera, tra centine adiacenti, delle reti elettrosaldate;
- posa in opera dello spritzbeton sulla superficie del fronte e lungo il perimetro della porzione scavata.

La sicurezza del lavoro nelle fasi di scavo per conseguire l'avanzamento o per la realizzazione di strutture accessorie ("nicchioni", "bypass", ecc.), dipende dalla stabilità puntuale o locale del fronte.

A titolo di esempio, nelle sezioni più gravose è prevista la posa in opera del puntone fra i "piedi" della centina. Il puntone ha forma semi ellittica (in altri termini si tratta di un arco rovescio di prima fase). Frequentemente il puntone è alloggiato alla base del fronte, in uno scavo che assume la forma di una trincea a pareti pressoché verticali e profondità variabile conformemente alla geometria del puntone. Il valore massimo dell'altezza di scavo si attinge nella parte centrale e può raggiungere i 2 – 3 m. La larghezza è legata al passo delle centine, che in questi contesti geotecnici (terreni incoerenti, spingenti e, conseguentemente, instabili sia alla piccola scala che alla grande scala) si aggira attorno al metro. Nella trincea le maestranze entrano ed escono tramite una scala a pioli; l'operazione del collegamento del puntone alla centina è completamente manuale e di lunga durata. Qualora si dovessero registrare segnali di instabilità incipiente, anche di limitata entità, la fuga degli operatori in trincea sarebbe difficoltosa.

Ne consegue che il progetto e la sua esecuzione devono considerare ed analizzare in dettaglio le potenziali instabilità locali a ridosso dell'avanzamento appena realizzato in relazione all'intervento o all'azione elementare che devono svolgere gli operatori.

Pertanto il progetto deve definire l'organizzazione dettagliata per ciascuna delle operazioni elementari o per ciascun intervento che occorre eseguire per stabilizzare il fronte tempestivamente (rivestimento di prima fase) nonché i mezzi, le procedure, la tipologia di attività manuale e l'entità di risorse umane per portarli a compimento in condizioni di sicurezza.

In fase di dimensionamento degli interventi di consolidamento o di rivestimento di prima fase si deve considerare che la loro realizzazione, in alcuni casi (ad esempio quello rappresentato nei capoversi precedenti), impone la presenza di maestranze a ridosso del fronte ovvero in una zona decisamente critica rispetto al rischio di caduta di gravi. Pertanto il progetto, nel definire i parametri caratteristici (ad esempio distanza tra fronte e centina) necessari per garantire la stabilità su grande scala dell'opera, deve considerare anche il rischio di instabilità puntuale che si traduce in una locale caduta di gravi.

Per le operazioni che impongono la presenza di operatori a ridotta distanza dal fronte, il progetto deve affrontare gli aspetti tecnologici e deve definire, in dettaglio, le macchine e le attrezzature specifiche per l'azione che devono esercitare e le modalità operative da porre in essere a tutela dell'incolumità degli operai durante la preparazione e la realizzazione dell'intervento.

Il progetto deve caratterizzare l'area produttiva (area a ridosso del fronte) con una mappa di rischio costruita esaminando, con il massimo dettaglio, lo svolgimento temporale delle attività di produzione (ad esempio posa in opera della centina) e considerando la possibilità che, nei diversi spazi operativi, durante lo svolgimento del ciclo di lavoro, si concretizzino agenti materiali di infortunio.

Qualsiasi soluzione progettuale deve anche discendere dalla valutazione dei rischi associati a ciascuna delle diverse opzioni prese in considerazione. La soluzione deve comprendere le misure atte ad annullare i rischi di infortunio correlati.

A seguire si riportano alcuni esempi:

- negli ultimi anni le gallerie hanno sezioni più ampie rispetto a quelle del passato, e per la loro realizzazione si ricorre al metodo di scavo a piena sezione. Tale metodo, che riduce alcuni rischi di infortunio non considerati in questa Nota, espone gli operatori al fronte al rischio di incidenti connesso alla caduta di gravi. Pertanto si ritiene che la scelta progettuale del metodo di scavo, a piena sezione o a sezione parzializzata, debba essere attentamente valutata e motivata in relazione a tale rischio di infortunio;
- per assicurare la stabilità del cavo su ampia scala, i progetti impongono, per alcuni contesti geotecnici, una configurazione concava del fronte. Questa soluzione deve essere generalizzata a tutti i casi in cui è indispensabile la presenza di operai a ridosso del fronte. Tale geometria del fronte di scavo coopera alla riduzione del rischio di infortunio da caduta di gravi che è tanto più elevato quanto più è ampia, piana e subverticale la superficie sotto cui si opera;
- il rivestimento di prima fase si traduce generalmente nel montaggio e nella posa in opera delle centine. La posa in opera delle centine è caratterizzata da un'intensa attività a carattere manuale e le procedure di controllo sono artigianali. Spesso queste operazioni si concretizzano a distanze molto ridotte o a ridosso del fronte. Per limitare l'entità delle convergenze, si può ricorrere, in alternativa all'impiego delle centine, ad altre soluzioni quali, ad esempio, i consolidamenti radiali. La posa in opera delle centine è caratterizzata, ancora oggi da intensa attività manuale e dalla necessità di operatori a ridosso del fronte; altre soluzioni sono caratterizzate da intensa meccanizzazione per la loro realizzazione e da una conseguente rilevante riduzione del rischio di infortunio associato al lavoro manuale ed alla caduta di gravi. L'adozione di un tipo di intervento o di un altro deve essere, pertanto, attentamente valutata e motivata.

Le soluzioni individuate in fase di progetto devono essere integrate ed ottimizzate in fase di esecuzione sulla base delle osservazioni di cantiere.

Vanno quindi esplicitate nel progetto l'organizzazione, le responsabilità e le procedure atte ad assicurare la pronta modifica delle scelte progettuali e/o delle modalità esecutive in relazione a quanto emerge durante l'esecuzione dell'opera.

## **7. STRUTTURE DI PROTEZIONE CONTRO LA CADUTA DI GRAVI NELLE PIATTAFORME ELEVABILI**

Questo capitolo riguarda le piattaforme elevabili utilizzate per lavori in quota a ridosso di fronti appena scavati, ossia di superfici (fronti e contorni perimetrali realizzati dall'avanzamento) che potrebbero essere interessate dal distacco gravitativo di clasti o di masse terrigene.

I lavori in quota generalmente si eseguono, dopo la realizzazione del disgiungimento e del pre-spritz, con maestranze a bordo di piattaforme elevabili. Tali lavori sono, ad esempio: la posa in opera di reti elettrosaldate, la congiunzione delle centine con le cosiddette catene, l'esecuzione di elementi strutturali di consolidamento (es. bullonatura ed infilaggi), il caricamento dei fori da mina.

L'esecuzione di un accurato disgiungimento e del pre-spritz non esonera dal dovere di garantire la rispondenza delle piattaforme elevabili che operano a ridosso del fronte alle esigenze di tutelare i lavoratori che operano a bordo delle stesse, rispetto agli effetti associati all'impatto di gravi che si distaccano dalle superfici di scavo. A seguire si riportano le caratteristiche minime di sicurezza delle piattaforme elevabili e delle strutture

di protezione di cui le stesse devono essere dotate.

## **7.1 PRINCIPI GENERALI**

Nella progettazione della struttura di protezione si deve tenere conto che questa:

- non necessita di una resistenza meccanica maggiore di quella della piattaforma stessa;
- non deve essere fonte di rischi aggiuntivi quali il ribaltamento del mezzo;
- deve avere dimensioni e geometria tali da raggiungere un equilibrio tra le esigenze di protezione da caduta gravi, quelle di operatività e quelle di lavorare in sicurezza.

## **7.2 REQUISITI PRESTAZIONALI**

Le piattaforme di lavoro mobili elevabili sono disciplinate dalla norma UNI EN 280.

Le macchine perforatrici sono disciplinate dalla norma UNI EN 791 (edizione maggio 1997). Quelle destinate ad operare in sotterraneo ed equipaggiate con piattaforme di lavoro montate su braccio, devono avere la piattaforma dotata di struttura protettiva FOPS conforme alla Norma ISO 3449 (punti 5.2.3 e 5.2.2 della norma UNI EN 791).

Le piattaforme elevabili utilizzate per lavori in quota a ridosso di fronti appena scavati sono soggette allo stesso rischio di investimento da caduta gravi delle piattaforme delle macchine perforatrici sopra citate. Conseguentemente si ritiene che debba essere utilizzata, come riferimento tecnico la norma UNI EN ISO 3449, che disciplina le strutture di protezione delle cabine delle macchine movimento terra contro la caduta di oggetti ed i correlati requisiti di prestazione.

Si ritiene adeguata una struttura di protezione progettata e realizzata in modo tale da garantire i requisiti di prestazione del livello I, che sia cioè in grado di assorbire un'energia pari a 1385 J, secondo il grafico della norma citata. Il requisito della FOPS deve essere garantito, in fase di progettazione, in relazione sia alla resistenza meccanica della sola struttura di protezione (con piattaforma a terra) sia al sistema costituito da piattaforma e braccio meccanico, in una posizione in cui l'energia dell'oggetto che cade sia assorbita dall'intera macchina nella configurazione più sfavorevole (massimo sbraccio e massima portata).

È raccomandabile che il prototipo delle piattaforme di lavoro elevabili trattate nel presente documento e non comprese in specifiche normative europee sia sottoposto alle prove di cui alle norme UNI EN ISO 3449 e UNI EN 791 per verificarne l'adeguatezza.

## **7.3 REQUISITI DIMENSIONALI E MORFOLOGICI**

La probabilità che la piattaforma sia investita da gravi si riduce minimizzando l'estensione in pianta della stessa. D'altra parte la piattaforma deve essere in grado di ospitare comodamente uno o due operatori. Questi devono eseguire movimenti ed azioni in sicurezza e pertanto è richiesta una superficie adeguatamente estesa.

La protezione della piattaforma non deve impedire lavorazioni sulla volta della galleria al di sopra della protezione stessa.

La morfologia della piattaforma e della sua protezione deve permettere anche l'accostamento al profilo curvilineo della volta della galleria, in modo tale da permettere il

lavoro evitando che le maestranze pongano in essere comportamenti a rischio. Tale obiettivo si può ottenere ad esempio attraverso opportune rastremature degli spigoli del tetto di protezione e della navicella.

In considerazione di quanto esposto ed in assenza di norme specifiche, si ritiene adeguato l'impiego, nei lavori al fronte della galleria in costruzione, di piattaforme aventi i seguenti limiti dimensionali:

- larghezza massima della piattaforma 1800 mm;
- profondità massima della piattaforma 1000 mm;
- rapporto tra superficie protetta minima e superficie in pianta della piattaforma  $\geq 0,60$ ;
- altezza utile all'interno della piattaforma 1930 mm (1880 mm + 50 mm per il casco)<sup>1</sup>, valore da garantire anche dopo urti di livello I (l'altezza utile deve quindi coincidere con quella del volume limite DLV).

Le navicelle non devono avere la possibilità di estendere la superficie in pianta.

## **8. SISTEMA DI CONTROLLO, DI VERIFICA E DI RESPONSABILIZZAZIONE DEI LAVORI AL FRONTE**

Gli aspetti di sicurezza definiti dalla progettazione e dalla pianificazione sono inficiati, se, in fase di realizzazione non ci si attiene a quanto fissato dal progettista, e se non si adeguano le soluzioni progettuali alle nuove situazioni dettate dalla mutevole realtà geologico – strutturale.

È necessario predisporre un preciso sistema di controllo, di verifica e di responsabilizzazione in cantiere da parte del CSE, del Direttore di Cantiere e del Preposto, per quanto di loro competenza, relativamente ai seguenti aspetti:

- presenza del Preposto al fronte;
- presenza al fronte di operatori nel numero strettamente necessario ed adeguatamente formati sulle procedure e attrezzature da utilizzare;
- presenza al fronte delle attrezzature e dotazioni, in buono stato di manutenzione, necessarie ad eseguire il lavoro in sicurezza;
- rispetto delle procedure stabilite per l'esecuzione delle fasi pericolose (disgaggio, pre-spritz, pre-rivestimento, ecc.);
- rispetto delle procedure di accesso in zona pericolosa al fronte.

L'accesso alla zona dell'avanzamento appena realizzato deve essere autorizzato dal Preposto al fronte, previa verifica delle condizioni di sicurezza, e deve essere limitato alle sole persone che devono effettuare le lavorazioni previste.

Uno specifico avviso di divieto di accesso ai non autorizzati deve essere collocato al limite della suddetta zona.

Deve essere vietata la presenza di maestranze fino al completamento del disgaggio e dell'applicazione del pre-spritz.

Ogni accesso successivo al disgaggio ed al pre-spritz può essere autorizzato solo previa verifica delle condizioni di sicurezza ottenute con tali lavorazioni, e deve essere limitato solo alle persone che devono effettuare il pre-rivestimento.

<sup>1</sup> Raccomandazione emessa dal Comitato degli Organismi Notificati direttiva 89/392/EEC del 25/10/2006 rif. CNB/M/12.010 revisione 02 con struttura di protezione senza deformazione

Il Preposto al fronte rimuoverà il cartello di divieto di accesso una volta terminata la realizzazione del pre-rivestimento.

La Direzione di Cantiere deve fornire al Preposto al fronte un documento che contenga la procedura per autorizzare l'accesso alla zona rischiosa. Tale documento deve indicare i criteri di valutazione dello stato del fronte comprendenti l'esame dell'accuratezza del disaggio, delle condizioni dell'ammasso, dello spessore dell'eventuale pre-spritz e dei tempi di presa.

Il Preposto al fronte, deve essere esperto e formato, sia in merito ai controlli da effettuare per autorizzare gli accessi, sia in merito alle corrette tecniche, attrezzature e procedure per i lavori al fronte. Il Preposto al fronte deve rimanere sul posto e vigilare sul rispetto delle misure di sicurezza stabilite, fino al completamento delle lavorazioni a rischio di caduta gravi.

Qualora il Preposto al fronte non ritenga di poter autorizzare l'accesso o di poter far proseguire i lavori in zona pericolosa, deve allontanare il personale, porre uno sbarramento e un avviso, e darne immediata comunicazione alla Direzione di Cantiere.

Non deve mai essere lasciata accessibile (ad esempio durante un'interruzione dei lavori) una zona con rischi di caduta materiali dal fronte o dai paramenti.

In conclusione, è importante sottolineare che, in prossimità del fronte, gli scenari di instabilità locale (piccola scala) possono variare sensibilmente da progressiva a progressiva a causa della eterogeneità dell'ammasso che si attraversa con lo scavo.

Conseguentemente, questa Nota ritiene indispensabile che, durante lo scavo della galleria, la direzione del cantiere ponga in essere, insieme con i progettisti, la continua verifica delle soluzioni ritenute, in fase di progetto, le più idonee a contrastare efficacemente il rilascio di porzioni limitate di terreno o roccia dalle superfici "fresche" di scavo e delle soluzioni tecnologiche ed organizzative adottate per tutelare gli operatori dagli effetti indotti dalla caduta di gravi.



**INDICE**

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>pag</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>AMBITO APPLICATIVO</b>	<b>pag</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>VALUTAZIONE DEL RISCHIO</b>	<b>pag</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>ELIMINAZIONE DELLE FASI DI LAVORO MANUALE MEDIANTE L'ADOZIONE DI NUOVE TECNOLOGIE O DI PROCEDURE ALTERNATIVE</b>	<b>pag</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>OPERA DI DISGAGGIO</b>	<b>pag</b>	<b>8</b>
<b>6</b>	<b>RUOLO DELLA PROGETTAZIONE RIGUARDO AGLI ASPETTI CONNESSI ALLA SICUREZZA DEI LAVORATORI</b>	<b>pag</b>	<b>11</b>
<b>7</b>	<b>STRUTTURE DI PROTEZIONE CONTRO LA CADUTA DI GRAVI NELLE PIATTAFORME ELEVABILI</b>	<b>pag</b>	<b>13</b>
<b>7.1</b>	<b>PRINCIPI GENERALI</b>	<b>pag</b>	<b>14</b>
<b>7.2</b>	<b>REQUISITI PRESTAZIONALI</b>	<b>pag</b>	<b>14</b>
<b>7.3</b>	<b>REQUISITI DIMENSIONALI E MORFOLOGICI</b>	<b>pag</b>	<b>14</b>
<b>8</b>	<b>SISTEMA DI CONTROLLO, DI VERIFICA E DI RESPONSABILIZZAZIONE DEI LAVORI AL FRONTE</b>	<b>pag</b>	<b>15</b>