

## **Gli scavi in sotterraneo**

**Analisi dei rischi e normativa  
in materia di sicurezza**



## **Gli scavi in sotterraneo**

**Analisi dei rischi e normativa  
in materia di sicurezza**

Autore del testo:

Fabio Rombini

Servizio di prevenzione e protezione Azienda USL Bologna Nord

Si ringraziano:

Paolo Ghini dello SPSAL Azienda USL di Forlì, Mirko Bragioto dello SPSAL Azienda USL Bologna Nord e Marco Menetti per la loro collaborazione.

La Collana Dossier è pubblicata a cura di:

CDS (Centro di documentazione per la salute)

Azienda Usl Città di Bologna

via Triacini, 17,40138 Bologna, tel. 051/396311

Azienda Usl di Ravenna

via De Gasperi 8,48100 Ravenna, tel. 0544/409018

Regione Emilia-Romagna, Servizio prevenzione collettiva

via Aldo Moro 30, Bologna, tel. 051/283111

Copia del volume può essere richiesta al CDS, Sede di Bologna

Redazione:

Caterina Distanti, Regione Emilia-Romagna

Maria Edoarda Fava, Dipartimento di Prevenzione, Azienda Usl di Ravenna

Stampa: Azienda Usl di Ravenna, novembre, 1996.

La costruzione del quadruplicamento veloce della linea ferroviaria Milano-Napoli, in particolare del tratto appenninico Bologna - Firenze e della stazione di Bologna, i cui lavori saranno esclusivamente in sotterraneo, richiederà pur nella prevedibile applicazione delle tecnologie più innovative del settore, un notevole impegno di risorse umane dedicate a lavori in ambienti quantomai "difficili" da gestire in termini di prevenzione e protezione dagli infortuni.

Sarà questa, pertanto, l'occasione per validare ancora una volta le strutture regionali istituzionalmente preposte all'attività di prevenzione degli infortuni perché crediamo, per quanto i livelli della tecnologia utilizzata nei lavori siano sviluppati, che sia comunque necessario salvaguardare la sicurezza e la salute dei lavoratori che operano in ambienti sotterranei attraverso un'attività di prevenzione continua.

Per i Servizi di prevenzione e salute negli ambienti di lavoro (SPSAL) delle Aziende USL l'attività di vigilanza in questa tipologia di cantiere sarà, in gran parte, una esperienza nuova.

E' questo uno dei motivi per cui l'Assessorato alla Sanità della Regione Emilia-Romagna, ha istituito un gruppo di lavoro formato da operatori di diverse Aziende USL aventi una specifica preparazione culturale o un'esperienza diretta nel settore dei lavori di scavo in sotterraneo.

Una delle finalità del gruppo è quella di dare un supporto tecnico-scientifico ai Servizi delle Aziende USL direttamente coinvolti nell'attività di vigilanza sulla sicurezza e l'igiene del lavoro in cantieri per la costruzione della linea ferroviaria ad alta velocità.

Il volume che presentiamo fa riferimento all'iniziativa dell'Assessorato regionale alla Sanità e vuole essere un tentativo, per quanto incompleto data la vastità della materia, di fornire agli operatori dei Servizi un manuale che raccoglie in modo sintetico, ma organico, la descrizione dei metodi e delle tecnologie più in uso negli scavi in sotterraneo, una prima valutazione dei fattori di rischio in tali ambienti di lavoro e la principale normativa di riferimento.

Un doveroso ringraziamento è rivolto al responsabile dello SPSAL del distretto di Budrio e al Direttore generale dell'Azienda USL Bologna Nord che hanno consentito l'utilizzo di mezzi e concesso il tempo per portare a termine questo lavoro.

Infine si ringraziano la Società Italiana Gallerie (SIG), le edizioni PEI, la Società Esplosivi Industriali e quanti altri altri hanno permesso la riproduzione fotostatica di figure e disegni.

Concludiamo con l'augurio che, considerata l'entità dell'opera ingegneristica che si andrà a realizzare, il numero di lavoratori coinvolti e le prevedibili problematiche in termini di prevenzione degli infortuni e di tutela della salute dei lavoratori, questo volume sia solo una delle prime pubblicazioni sulla materia in argomento.

Paolo Tori  
Responsabile del Servizio prevenzione collettiva  
Assessorato sanità Regione Emilia-Romagna



## INDICE

Introduzione	7
1. GALLERIE	9
1.1 Lo studio geologico di una galleria	9
1.2 Classificazione delle rocce	10
1.3 Stabilità delle strutture in roccia	14
1.4 Stabilità degli scavi in sotterraneo	14
1.5 Sezione della galleria	15
2. METODI DI SCAVO	19
2.1 Metodi di avanzamento tradizionali	20
2.2 Metodo di avanzamento a sezione completa	23
2.3 Scavo con frese puntuali	26
2.4 Scavo con esplosivo	27
2.4.1 Esplosivi	28
2.4.2 Normativa di riferimento sugli esplosivi	32
3. CONSOLIDAMENTO	33
4. SMARINO	35
5. LA SICUREZZA E L'IGIENE DEL LAVORO IN GALLERIA	37
5.1 Frane all'interno delle gallerie	37
5.2 Atmosfere esplosive	38
5.3 Acque sotterranee	39
5.4 Temperatura all'interno delle gallerie	40
5.5 Illuminazione	40
5.6 Installazioni elettriche	41
5.7 Inquinamento dell'aria	42
6. ANALISI DEI RISCHI NEI LAVORI IN SOTTERRANEO	45
Glossario	89
Bibliografia	92
Appendice: DPR 20 marzo 1956, n. 320	93
Norme per la prevenzione degli infortuni e l'igiene del lavoro in galleria	





## INTRODUZIONE

Questo lavoro nasce dalla necessità di riunire in modo organico la normativa di riferimento ed una descrizione dei lavori in sotterraneo allo scopo di fornire un quadro delle problematiche tecniche e di quelle altrettanto complesse di sicurezza ed igiene del lavoro in tale campo di attività. Il risultato ottenuto non vuole essere esaustivo della materia affrontata.

Questa pubblicazione è rivolta, principalmente, agli operatori dei Servizi di prevenzione e salute degli ambienti di lavoro delle Aziende USL che troveranno delle prime indicazioni sui metodi di scavo, sulle macchine utilizzate e sui rischi connessi con le attività lavorative in un ambiente di lavoro così peculiare come quello sotterraneo. Si è anche ritenuto opportuno, vista la finalità propedeutica e divulgativa al contempo della presente pubblicazione, inserire la descrizione di alcuni inconvenienti occorsi in precedenti lavori di scavo di gallerie ferroviarie ed autostradali di interesse nazionale ed europeo.

Alcuni argomenti, in particolare la stabilità delle strutture in roccia, in considerazione sia degli scopi della pubblicazione sia della complessità della materia sono stati solamente accennati. Per altri di rilevante importanza, come la sicurezza nell'uso degli esplosivi, si rimanda per ulteriori approfondimenti a testi specialistici i cui riferimenti sono in bibliografia.



## 1. GALLERIE

Il termine galleria si riferisce ad ogni corridoio sotterraneo indipendentemente dalle dimensioni della sezione trasversale e della lunghezza. In base alle funzioni a cui la galleria è destinata si possono distinguere:

- gallerie stradali;
- gallerie ferroviarie;
- gallerie per acque;
- gallerie minerarie;
- gallerie per gasdotti ed oleodotti;
- gallerie per fognature;
- gallerie militari;
- gallerie o caverne per centrali elettriche e simili.

In base alle condizioni topografiche si usa distinguere:

- gallerie di montagna;
- gallerie di pianura;
- gallerie sotfluviali o sottolacustri;
- gallerie sottomarine.

Dimensioni dei principali tipi di galleria

Gallerie	Profilo trasversale Area (mq)
<b>Ferrovia</b> semplice binario	25-30 media
<b>Ferrovia</b> doppio binario	<b>50-70 grande</b>
<b>Stradale</b> a due vani	<b>30-60 grande</b>
<b>Stradale</b> ad unico vano	<b>75-110 molto grande</b>
Metropolitana	30-60 media-grande

### 1.1 Lo studio geologico di una galleria

In relazione alle caratteristiche geologiche dei terreni attraversati, le forme e le dimensioni delle sezioni variano anche all'interno di una stessa galleria. Da gallerie a sezione rettangolare, realizzate in terreni molto coesivi, si passa a gallerie a sezione ovale e a sezione circolare proprie di terreni spingenti e fluenti. Per ottimizzare la scelta della sezione della galleria è necessario uno studio geologico da svolgersi sia in fase di progetto sia in fase di esecuzione della galleria.

In fase di progetto lo studio comprende:

- studio geologico dettagliato di una striscia di terreno la cui larghezza dipende dalle caratteristiche geologiche locali. Lo studio va effettuato lungo il tracciato preliminare della galleria;
- costruzione di una serie di profili geologici teorici trasversali e longitudinali, relativi al tracciato preliminare della galleria, allo scopo di individuare il tracciato più favorevole;
- costruzione di profili definitivi tramite prospezioni geofisiche, sondaggi geologici;
- ricostruzione delle condizioni idrogeologiche prevedibili lungo il tracciato reale della galleria;
- ricostruzione del profilo geotermico (per le grandi gallerie);
- previsioni di eventuali emanazioni gassose.

Durante la costruzione della galleria lo studio geologico consiste in :

- controllo del profilo geologico teorico ed eventuale aggiornamento di tale profilo;
- classificazione delle rocce attraversate al fine di definire le opere di sostegno e i rivestimenti che saranno messi in opera;
- identificazione delle faglie e di altri eventuali disturbi tettonici;
- controllo e studio delle cause di eventuali crolli, cedimenti e deformazioni della sezione della galleria;
- studio delle acque sotterranee finalizzato ad una mappazione delle prevedibili venute di acqua;
- studio delle reali condizioni geotermiche.

I dati geologici raccolti in fase di progetto ed in fase esecutiva servono a provvedere agli apprestamenti tecnici necessari per la realizzazione dell'opera: macchinari, utensili ed attrezzature più adatte all'esecuzione dei lavori. Servono, inoltre, alla predisposizione dei materiali necessari per le armature ed all'attuazione di tutte le precauzioni e i dispositivi necessari per eventuali venute di acqua o emanazioni gassose.

Dal punto di vista normativo quanto sopra elencato è in qualche modo previsto dall'art. 7, lettere f) e g) del DPR 20 marzo 1956, n. 320.

## 1.2 Classificazione delle rocce

La classificazione delle rocce, oltre a permettere valutazioni di natura geologica, ha una stretta relazione tecnologica con i metodi di scavo e consente una prima valutazione delle caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso roccioso. Inoltre una **corretta classificazione è un elemento indispensabile** per la progettazione del rivestimento della galleria. Per metodi di scavo si intendono le operazioni di abbattimento del materiale dal fronte secondo precisi schemi di avanzamento. La modalità di avanzamento del fronte di scavo sarà argomento dei prossimi capitoli.

Per rivestimento della galleria si intendono gli interventi provvisori e definitivi per contenere la pressione generata dalla modifica dello stato tensionale dell'ammasso roccioso.

Si descriveranno, pertanto, queste operazioni di scavo e consolidamento mettendole in relazione al tipo di rocce classificate non in senso petrografico o geologico ma in base alle caratteristiche geomeccaniche. Fra numerosi metodi empirici per la classificazione delle rocce elaborati si è scelto di riportare quelli di Beniaowski e di Rabecewicz. Il criterio per la scelta del metodo di classificazione è stato di privilegiare metodi che dessero delle dirette indicazioni sulle misure di prevenzione e protezione da adottare.

### **Criterio di classificazione di Beniaowski**

Il criterio di classificazione che segue è detto di Beniaowski. Viene ricavato un indice RMR (rock mass rating) che è un coefficiente di qualità deducibile dalle seguenti caratteristiche:

- resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta;
- RQD (rock quality designation) recupero percentuale, modificato della carota di sondaggio;
- spaziatura delle discontinuità;
- presenza dell'acqua;
- orientamento delle discontinuità.

Dall'indice RMR che può andare da 100 a 0 si ricavano cinque classi di roccia: I, II, III, IV, V definibili rispettivamente come ottima, buona, discreta, scadente e molto scadente.

### **Criterio di classificazione di Rabecewicz**

Un altro criterio di classificazione delle rocce è detto di Rabecewicz. Questo metodo è la sintesi di esperienze maturate nell'applicazione del NATM (New Austrian Tunneling Method).

Il metodo trae vantaggio dalla capacità dell'ammasso roccioso di autosostenersi attraverso il processo di redistribuzione delle forze nell'anello di roccia che circonda lo scavo. Ciò non esclude, tuttavia, che debbano essere adottate opportune opere di sostegno.

<b>Classe</b>	<b>I stabile</b>
<b>Descrizione comportamento roccia</b>	Roccia sana massiva. Lo scavo si autosostiene e le tensioni al contorno non superano le resistenze della roccia.
<b>Sezione di scavo</b>	Tutta sezione
<b>Tempo di autosostegno</b>	Giorni in calotta, settimane in parete.
<b>Metodo di scavo</b>	Esplosivo
<b>Misure di sicurezza e di sostegno</b>	Ancoraggi locali, rete in calotta o calcestruzzo proiettato. Tempo di posa in opera: senza limiti. Interventi a scavo avvenuto in caso di rilasci locali.

<b>Classe</b>	<b>II leggermente fratturata</b>
<b>Descrizione comportamento roccia</b>	Roccia stratificata e leggermente fratturata. Nella fase di decompressione le tensioni tangenziali in calotta superano le resistenze provocando distacchi. Sono necessarie opere di sostegno sistematiche in calotta. Le pareti dello scavo si mantengono stabili salvo possibili distacchi locali.
<b>Sezione di scavo</b>	Tutta sezione
<b>Tempo di autosostegno</b>	Giorni in calotta, settimane in parete.
<b>Metodo di scavo</b>	Esplosivo
<b>Misure di sicurezza e di sostegno</b>	Ancoraggi sistematici in calotta, rete e calcestruzzo proiettato. Calcestruzzo proiettato in parete per rilasci locali. Tempo di posa in opera: ad ultimazione dei lavori ad una distanza massima di 40 m dal fronte di scavo.

<b>Classe</b>	<b>III<sub>a</sub> fratturata III<sub>b</sub> poco spingente</b>
<b>Descrizione comportamento roccia</b>	Roccia da fratturata a molto fratturata. Il limite di resistenza della roccia viene raggiunto in parete e superato in calotta. Sono necessarie opere di sostegno sistematiche e l'inserimento dell'arco rovescio per la possibilità di rottura del fondo dello scavo.
<b>Sezione di scavo</b>	Tutta sezione con volate brevi. Preferibilmente sezione parzializzata.
<b>Tempo di autosostegno</b>	Ore in calotta, giorni in parete.
<b>Metodo di scavo</b>	Esplosivo con cautela, localmente macchine.
<b>Misure di sicurezza e di sostegno</b>	Ancoraggi sistematici, rete, calcestruzzo proiettato in calotta e parete. Arco rovescio. Tempo di posa in opera: inizio subito dopo lo scavo e completamento alla distanza massima di 40 m dal fronte di scavo.

Classe	IV spingente
Descrizione comportamento roccia	Roccia alterata, scistosa, fagliata. La resistenza della roccia viene superata su tutto il contorno dello scavo. Sono necessarie opere di sostegno sistematiche, l'inserimento dell'arco rovescio e la protezione del fronte di scavo.
Sezione di scavo	Sezione parzializzata
Tempo di autosostegno	<b>Ore in calotta, giorni in parete.</b>
Metodo di scavo	Con macchine
Misure di sicurezza e di sostegno	Ancoraggi sistematici, rete, calcestruzzo proiettato, centine metalliche in calotta ed in parete. Arco rovescio e protezione del fronte di scavo con calcestruzzo proiettato. Tempo di posa in opera: inizio subito dopo lo scavo parziale. Il getto dell'arco rovescio a breve scadenza in funzione delle condizioni locali. Eeguire misure in situ

Classe	Va molto spingente
Descrizione comportamento roccia	Roccia alterata, completamente milonizzata. L'apertura dello scavo provoca l'insorgere di forti pressioni in tutte le direzioni. L'anello di roccia intorno allo scavo è completamente plasticizzato e tende verso l'interno con sensibile riduzione della sezione.
Sezione di scavo	E' necessaria una suddivisione in diverse sezioni parziali in funzione anche della stabilità del fronte di scavo.
Tempo di autosostegno	Nessuno in calotta, poche ore in parete e sul fronte.
Metodo di scavo	Con macchine
Misure di sicurezza e di sostegno	Ancoraggi sistematici, rete, calcestruzzo proiettato e centine metalliche in calotta ed in parete. Arco rovescio e protezione del fronte di scavo con calcestruzzo proiettato. Tempo di posa in opera: tutte le superfici devono essere sostenute non appena aperto lo scavo. La successione delle operazioni e l'inserimento dell'arco rovescio devono essere definiti in funzione delle condizioni locali. Eeguire misure in situ.

Classe	Vb materiale sciolto
Descrizione comportamento roccia	Questa classe comprende tutti i terreni sciolti, franosi per i quali lo scavo non può essere affrontato con i metodi convenzionali.
Sezione di scavo	<b>E' funzione delle opere di sostegno previste.</b>
Tempo di autosostegno	<b>Praticamente nullo</b>
Metodo di scavo	Macchine scudate
Misure di sicurezza e di sostegno	Misure speciali quali congelamento, iniezione di miscele chimiche, etc.

### 1.3 Stabilità delle strutture in roccia

La valutazione e la determinazione delle condizioni di stabilità delle strutture in roccia è un problema geomeccanico di notevole importanza.

Lo strumento per affrontare per via analitica questi problemi è la meccanica delle rocce.

Il problema fondamentale da risolvere è conoscere la risposta della struttura in roccia in termini di sollecitazioni o di deformazione ai carichi ad essa applicati. I carichi possono essere imposti, ad esempio quelli dovuti a costruzioni superficiali, oppure indotti ovvero derivanti dalla redistribuzione delle tensioni attorno ad uno scavo sotterraneo o anche superficiale.

I calcoli di stabilità sono complessi e per di più le informazioni sulle proprietà meccaniche dell'ammasso roccioso sono, in linea generale, piuttosto incerte. Si ricorre allora ad ipotesi semplificative che prevedono comportamenti elastici, plastici od elasto-plastici che spesso si discostano dalla realtà. Sulla base di tale ipotesi semplificative la stabilità di una struttura in roccia può essere effettuata mediante analisi delle tensioni e delle deformazioni o mediante analisi a rottura.

L'analisi delle tensioni e delle deformazioni consiste nella predeterminazione delle tensioni e delle deformazioni in ogni punto della struttura, per tutta la sua durata temporale e per i vari tipi di carico a cui essa è assoggettata.

La risoluzione prevede l'utilizzo dei principi della meccanica dei mezzi continui ed è basata sulle seguenti relazioni:

- 1 l'equazione differenziale dell'equilibrio di un elemento di roccia;
- l'equazione tensione - deformazione comprendente eventualmente il tempo come variabile addizionale;
- le condizioni al limite per il particolare problema posto.

Nell'analisi a rottura viene determinato il carico di totale collasso della struttura assumendo un prefissato meccanismo di rottura.

Il carico di rottura determinato deve essere poi confrontato con il carico reale della struttura.

Il meccanismo di rottura fa generalmente riferimento alla resistenza allo scorrimento della roccia.

### 1.4 Stabilità degli scavi in sotterraneo

Il massiccio roccioso inalterato è soggetto ad uno stato di tensione dovuto principalmente al peso del terreno ed eventualmente a spinte di natura tettonica.

Lo scavo di una galleria o di un pozzo comporta una redistribuzione delle tensioni attorno allo scavo stesso. Questa redistribuzione deve compensare le tensioni non più trasmesse a seguito dell'effettuazione dello scavo.

Durante questo processo di redistribuzione le rocce tendono verso una nuova condizione di equilibrio subendo delle deformazioni che comportano una riduzione della sezione dello scavo.



Nel caso che le deformazioni delle rocce non superino, almeno per il tempo in cui non si è provveduto con armature, il limite elastico della roccia, lo scavo può rimanere per lungo tempo senza sostegno.

Se alla deformazione elastica si sovrappone quella plastica, si producono fessurazioni e ne risulta una disgregazione della roccia attorno allo scavo. La manifestazione esterna di questi stati di deformazione consiste in un abbassamento del tetto dell'opera e nella formazione di fessure dapprima invisibili e poi crescenti con il tempo.

L'allargamento delle fessure provoca il distacco di parti di roccia di grandezza variabile in funzione delle caratteristiche geomeccaniche della roccia stessa. Le rocce a comportamento prevalentemente elastico danno luogo a rotture per frattura, mentre quelle a comportamento plastico danno luogo ad un flusso continuo della roccia.

Uno stato avanzato di disgregazione può provocare il franamento di grandi masse di roccia. In questi casi è necessario provvedere con armature.

La variazione dello stato di tensione, che provoca la deformazione delle rocce in vicinanza di uno scavo, si limita ad una certa regione che può essere chiamata zona d'influenza dello scavo.

Nella zona d'influenza possono distinguersi due ulteriori zone: una confinante con lo scavo detta di rilassamento delle tensioni; l'altra di pressione nella quale lo stato di tensione è più elevato di quello originario.

Esaminiamo il caso più semplice di una galleria scavata in una roccia a comportamento linearmente elastico.

Ulteriori semplificazioni, che si possono assumere, sono l'isotropia della roccia rispetto alle sue caratteristiche meccaniche e l'ipotesi che lo scavo sia eseguito in un mezzo infinito. Quest'ipotesi è accettabile qualora la distanza dello scavo da un'altra apertura oppure dalla superficie del terreno sia tre volte maggiore della dimensione massima dello scavo.

Un'ultima ipotesi è quella della geometria piana del problema che risulta pienamente soddisfatta vista la prevalenza di una dimensione (la lunghezza) rispetto alle altre due dello scavo.

Valide tutte le condizioni sopraelencate, il problema della determinazione dello stato di tensione è riconducibile a quello di una lastra piana interessata da un foro e compressa in due direzioni ortogonali da forze uniformi.

## 1.5 Sezione della galleria

Le dimensioni e la forma di una galleria sono dipendenti dalle sagome di ingombro dei mezzi di trasporto che la percorrono, oltre che dalla tipologia e dalle condizioni di carico dei terreni attraversati.

Per le gallerie ferroviarie si avranno sezioni di galleria ad un solo binario (fig. 1) e sezioni di galleria a doppio binario. All'interno delle rispettive sezioni sono iscritte le sagome di ingombro dei vagoni ferroviari.

Per le strade ordinarie la sezione di galleria può variare sensibilmente sia in rapporto ai tipi di terreno attraversato sia in relazione alla larghezza del piano stradale. L'altezza deve essere di almeno cinque-sei metri.

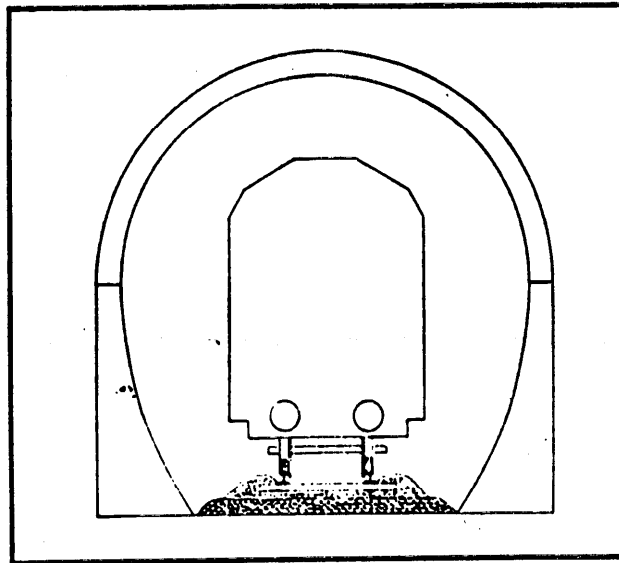


Fig. 1 - Galleria ferroviaria ad un binario

Nei tracciati autostradali vige la tecnica di costruire gallerie affiancate, cioè gallerie distinte per ogni senso di marcia. Tali gallerie sono intercomunicanti mediante by-pass, o cunicoli di collegamento fra le due corsie (fig. 2).

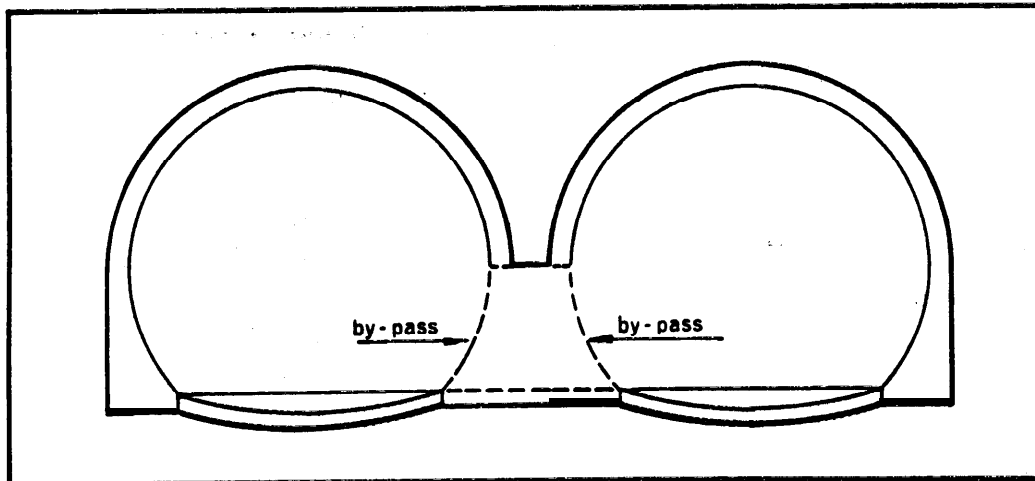
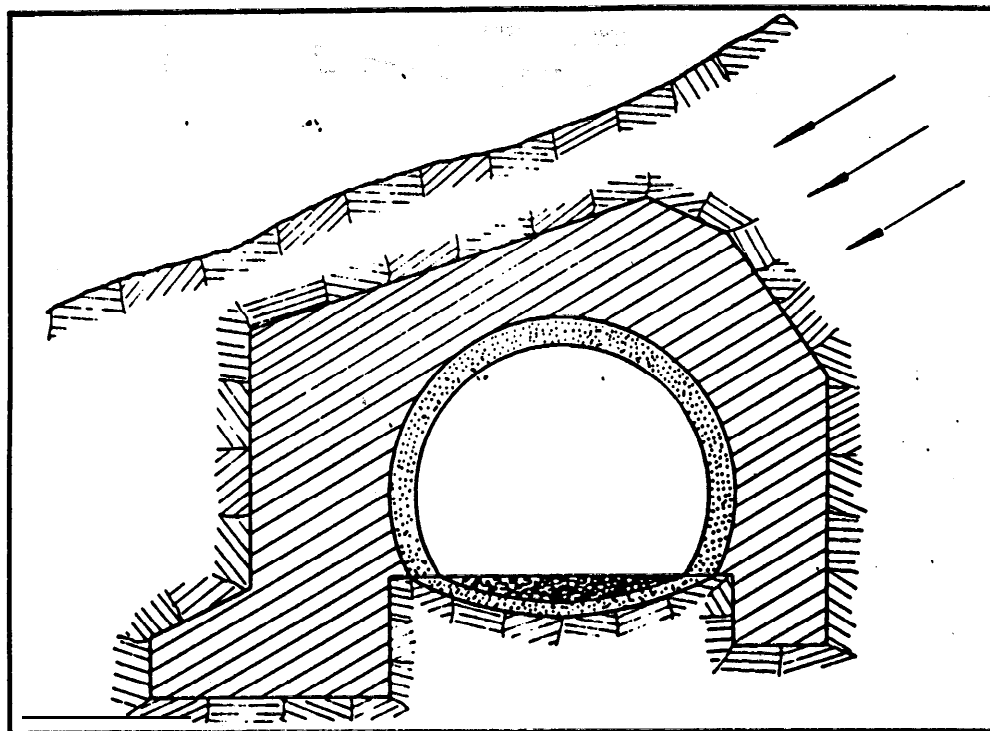


Fig. 2 - Gallerie autostradali affiancate con cunicolo di servizio

Per quanto riguarda la spinta dei terreni, la sezione avrà una linea di contorno tale che i rivestimenti di calotta, dei piedritti e del piano di galleria, possano sopportare le sollecitazioni del terreno che insistono sul rivestimento.

Nelle gallerie si forma intorno alla sezione di scavo un corpo disgregato che esercita pressioni sul rivestimento mediante una curva naturale immaginaria che, per terreni resistenti, ha la forma di una ellisse. Per i terreni argillosi la curva assume la forma approssimativa di un cerchio generando un campo tensionale di tipo idrostatico.

Oltre alle spinte verticali, specie per terreni argillosi o marmosi, si possono prevedere anche spinte di fianco, in tale caso si costruirà, sul fondo un "arco rovescio" in calcestruzzo o in muratura, il quale ha lo scopo di sbadacchiare i piedritti.



**Fig. 3 - Esempio di spinte oblique insistenti su un fianco**

Per esempio, se la galleria fosse scavata a mezza costa di un fianco roccioso (fig. 3), con inclusioni di strati di argilla e si dovessero prevedere delle spinte oblique insistenti su un fianco, bisognerà sostenere lo scavo con muri di considerevole spessore incastrati nel terreno. La terminologia minima di riferimento degli elementi che costituiscono la sezione di una galleria (fig. 4) è la seguente:

- parte superiore: calotta, vertice di calotta o cervello e piano d'imposta;
- parte mediana: strozzo con i piedritti e piano del ferro;
- parte inferiore: arco rovescio.

Si chiama serraglia sia la zona in cui la calotta si innesta ai piedritti sia quella che chiude, in sommità, la calotta.

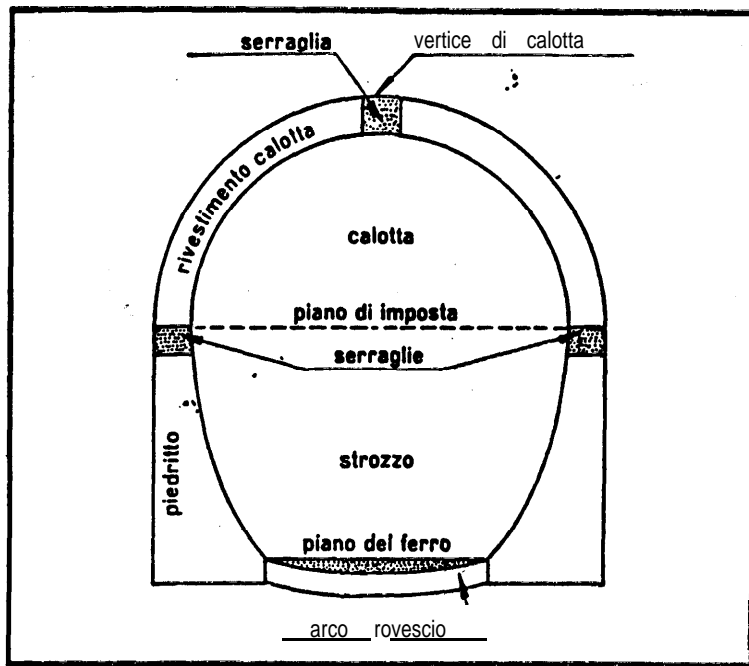


Fig. 4 - Sezione di profilo di galleria

## 2. METODI DI SCAVO

Le metodologie di scavo sono molto diverse e con esse le relative tecnologie. Tuttavia comune ad ogni tecnica di scavo è il complesso di operazioni eseguite in sotterraneo che si possono riassumere in:

- **scavo;**
- **consolidamento;**
- **smarino.**

Un valore indicativo della velocità media di avanzamento giornaliero in gallerie stradali e ferroviarie è riportato nella tabella che segue.

<b>Tipo di roccia</b>	<b>Velocità m/giorno</b>
<b>Rocce molto tenere e friabili</b>	<b>7-10</b>
<b>Rocce mediamente dure compatte. Poco fratturate e non acquifere.</b>	<b>5-8</b>
<b>Rocce mediamente dure ma molto fratturate</b>	<b>3-4</b>
<b>Rocce durissime e compatte</b>	<b>4-6</b>
<b>Rocce scistose, degradate e spingenti</b>	<b>2-3</b>
<b>Rocce non acquifere ma spingenti</b>	<b>0,5-1,5</b>
<b>Rocce incoerenti ed acquifere</b>	<b>0,2-0,5</b>

In generale i lavori per l'esecuzione di una galleria si iniziano con l'escavazione di un cunicolo di avanzata nella parte superiore della sezione (in calotta) o nella parte inferiore. Il cunicolo continua per tutta la lunghezza del tracciato ed ha anche uno scopo esplorativo.

Quando lo scavo del cunicolo è sufficientemente progredito si procede allo scavo stesso estendendolo alle altre parti della sezione.

Tuttavia il sistema del cunicolo di direzione attualmente non è molto seguito perché si preferisce, quando la natura del terreno lo permetta, procedere allo scavo della calotta e successivamente allo scavo dello strozzo e dei piedritti.

E' necessario aggiungere che, prima di iniziare lo scavo vero e proprio, si eseguono, quando le condizioni del terreno lo richiedano, le operazioni di preconsolidamento che hanno lo scopo di permettere che le operazioni di scavo procedano con sufficiente grado di sicurezza, con un accettabile controllo sull'acqua e sui detriti, cause di possibili crolli della roccia all'interno della galleria.

Le tecniche per ottenere quanto sopra indicato sono diverse e si possono brevemente così riassumere: drenaggio attraverso well-point, elettrosmosi basata sul

principio dell'elettrolisi ed utilizzata nel caso di argille, iniezioni di miscele solidificanti nel caso di terreni permeabili e molto porosi, infilaggio di tubi di acciaio ed infine congelamento con azoto liquido.

## 2.1 Metodi di avanzamento tradizionali

I metodi di scavo a sezione divisa per grandi gallerie vengono distinti a seconda che il rivestimento possa essere eseguito in un'operazione unica (metodo inglese) o a campioni alternati (metodi tedesco, belga ed italiano). La scelta del metodo di avanzamento a sezione divisa è funzione delle caratteristiche dei terreni attraversati, delle condizioni geologiche e topografiche e delle dimensioni delle gallerie. Inoltre i metodi di avanzamento tradizionalmente si classificano utilizzando l'aggettivo qualificante uno stato.

### Metodo tedesco

Si procede scavando dei singoli cunicoli (C), paralleli all'asse galleria e lasciando nel centro un nocciolo o nucleo (N) che serve sia per trattenere la parete del fronte di avanzamento, in caso di terreni franosi o argillosi, sia quale base per l'appoggio delle armature (fig. 5).

In quest'ultimo caso però il terreno deve essere alquanto consistente affinché i sostegni poggino su basi stabili. In seguito si riveste il contorno dello scavo.

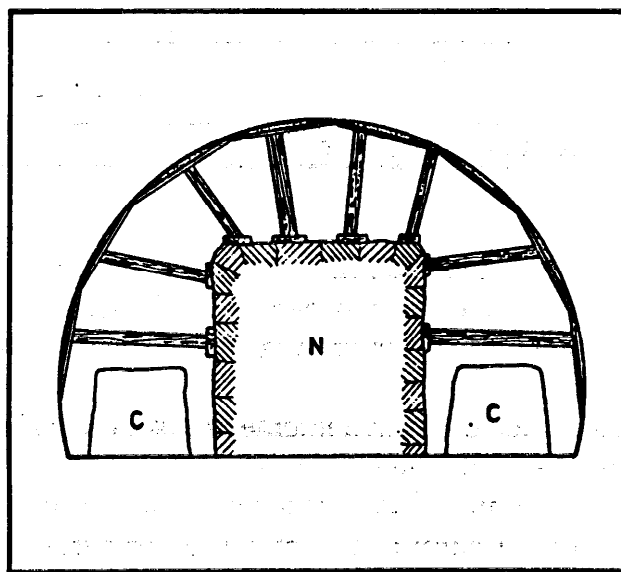
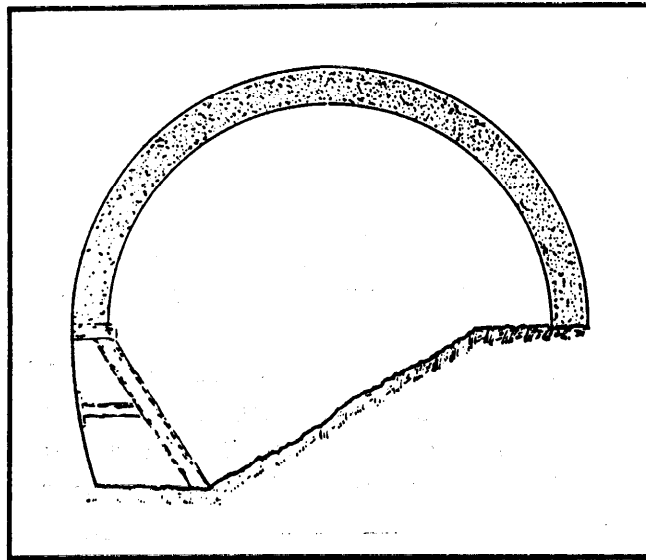


Fig. 5 • Metodo di attacco tedesco con nucleo centrale di terreno (N) e cunicoli (C)

## Metodo belga o in calotta

Si procede innanzitutto allo scavo ed all'allargamento della calotta e, dopo il rivestimento di questa in calcestruzzo (preferibilmente armata con centine) si esegue, sotto la difesa della calotta già rivestita, lo scavo dello strozzo e la sottomurazione dei piedritti secondo il cosiddetto "sistema delle sottomurazioni" (fig. 6).

La caratteristica essenziale di questo metodo di attacco è la precedenza della costruzione della calotta su quella dei piedritti. Sotto il profilo della sicurezza questo metodo dà maggiori garanzie in quanto lo scavo dello strozzo e dei piedritti viene effettuato sotto il rivestimento, già eseguito della calotta.



**Fig. 6 • Metodo di attacco belga con sottomurazioni**

Le armature della calotta, che trovano appoggio sul piano corrispondente alla imposta della volta, risultano molto sicure e vengono rimosse subito dopo l'esecuzione definitiva del rivestimento della calotta stessa.

Il metodo di attacco belga è, però, un sistema poco adatto in terreni spingenti o franosi in quanto può accadere che in presenza di forti spinte laterali la calotta, non ancora collegata ai piedritti ed all'arco rovescio, si deformi con restringimento dell'imposta e lesioni varie in altri punti.

## Metodo inglese o ad attacchi multipli

Questo metodo viene usato per lo scavo di gallerie che attraversano terreni franosi o molto permeabili all'acqua.

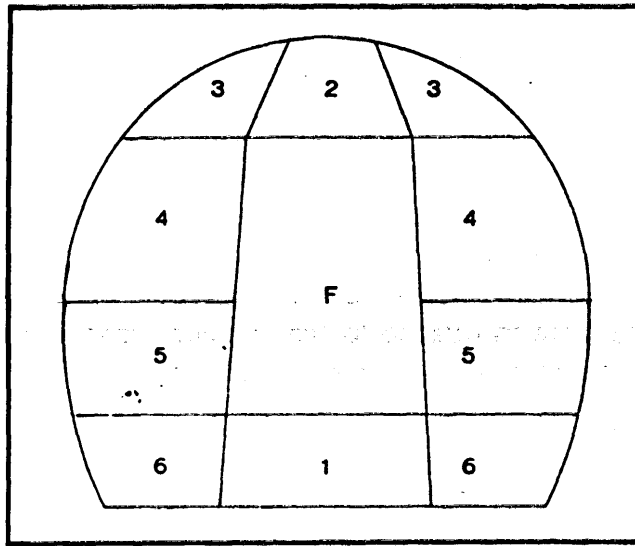


Fig. 7 - Metodo inglese o ad attacchi multipli

Tale metodo prevede un cunicolo d'avanzata (1) in asse che serve per raccogliere le acque di infiltrazione in modo da prosciugare la zona superiore prima che, in tale zona, sia iniziato lo scavo (fig. 7).

Il cunicolo inferiore serve anche per aprire, a distanza di 50-100 metri, i "fornelli" (F) alla sommità dei quali si procede in due direzioni in modo che questi scavi, congiungendosi, formino un cunicolo di calotta (2). Successivamente si battono i "larghi di calotta" (3-3); poi i "larghi di imposta" (4-4) e gli "strozzi laterali" (5-5 e 6-6) fino ad aprire tutta la sezione della galleria, compreso lo spessore del rivestimento (fig. 8).

Man mano che si procede, gli scavi vengono armati.

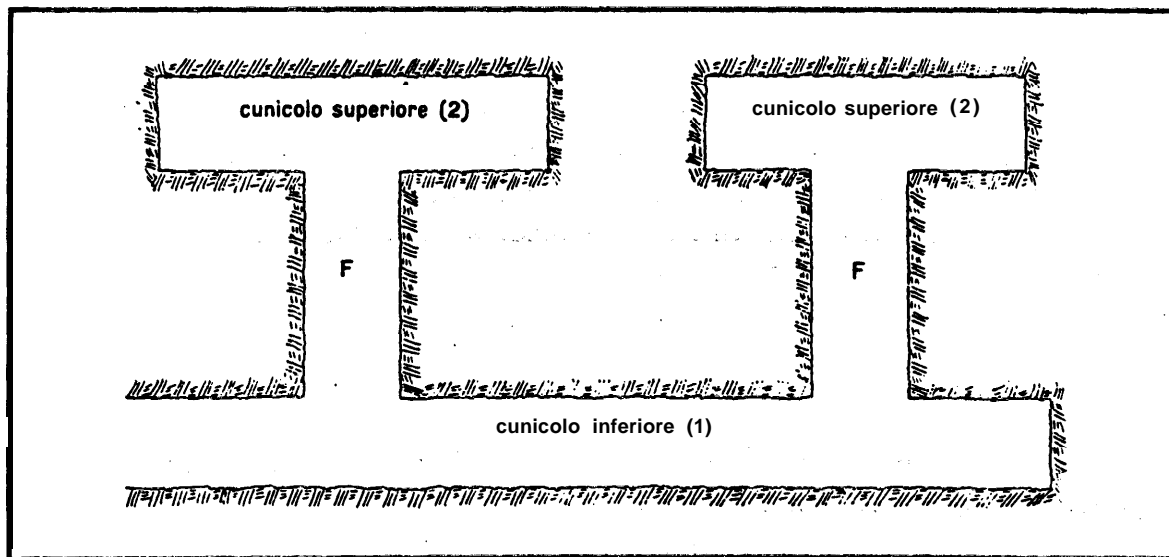


Fig. 8 - Metodo inglese (sezione)



## Metodo italiano

Adottando questo metodo si scava la parte inferiore della galleria fino al piano d'imposta della calotta, poi si procede allo scavo ed al rivestimento della calotta (fig.9).

La prima operazione è lo scavo del cunicolo di cunetta, poi si battono i larghi di strozzo scavando le parti 2-2. In seguito si scava l'arco rovescio (3) procedendo all'armatura di questo e dei piedritti (prima fase). Nella seconda fase si scava e si arma il cunicolo di calotta (4) si battono successivamente i larghi di calotta (5-6) e si imposta la volta dei piedritti sullo strato di terreno del piano d'imposta della calotta (7).

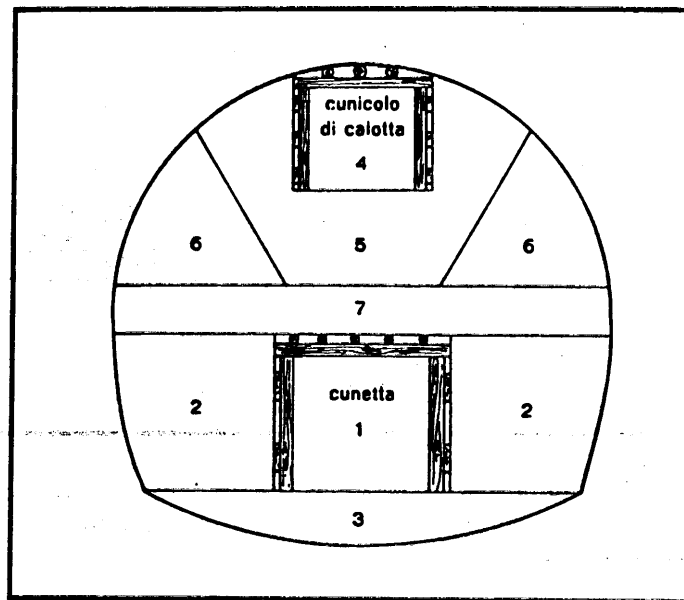


Fig. 9 - Metodo di attacco italiano od in cunetta

## 2.2 Metodo di avanzamento a sezione completa

E' il metodo normalmente adottato in rocce dure e comunque quando lo scavo può rimanere aperto senza richiedere opere di sostegno.

I mezzi moderni di cui oggi dispone la tecnica consentono rapidità di avanzamento per cui le rocce restano esposte all'azione dell'aria per breve tempo. Ciò permette la sostituzione dei vecchi e lenti metodi di scavo con il rapido metodo a piena sezione.

L'avanzamento a piena sezione normalmente viene eseguito in due fasi: scavo della calotta e successivo scavo dello strozzo. Per l'avanzamento possono essere utilizzati sia esplosivi sia macchine di grande potenza, come la macchina scudata (tunnel boring machine system) rappresentata nella fig. 10.

Queste macchine, in funzione del terreno in cui viene eseguito lo scavo, possono essere o meno provviste dello scudo. Nel caso di terreni in stato di autoportanza le macchine sono "aperte". Invece in terreni fratturati in stato di non buona

autoportanza e con possibilità di venute d'acqua le macchine sono a scudo semplice o a doppio scudo.

Lo scudo, oltre a differenziare le modalità di avanzamento, ha due funzioni fondamentali:

- fornire un supporto temporaneo al terreno instabile mantenendo intatto lo scavo e proteggendo il personale;
- impedire, attraverso un sistema di guarnizioni, l'ingresso dell'acqua in galleria.

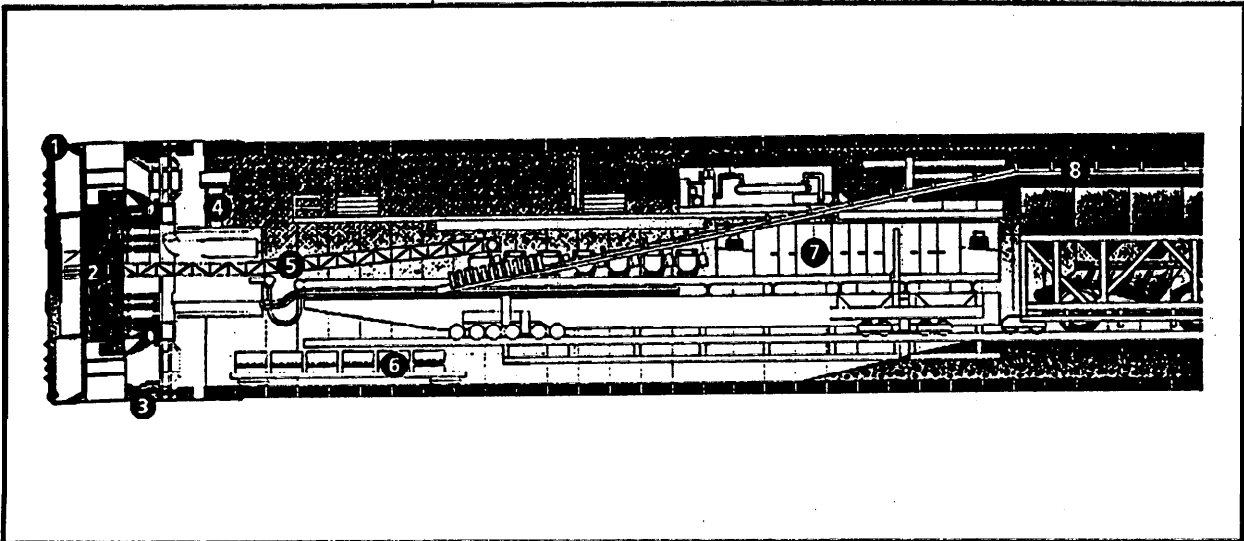


Fig. 10 • 1 testa di taglio per rocce dure; 2. corpo motore; 3. cilindri di spinta; 4. erettore; 5. nastro trasportatore; 6. posizionatore conci prefabbricati; 7. quadri elettrici; 8. nastri trasportatori.

Un tipo particolare di macchine scudate viene utilizzato anche nello scavo di gallerie in terreni poco coerenti per permettere un sistema di avanzamento più efficiente oltre che per garantire condizioni di lavoro sicure per gli operatori. Questa tecnologia di scavo è detta Earth Pressure Balanced System. Una macchina di questo tipo è rappresentata in figura 11.

La prerogativa principale degli impianti meccanizzati di scavo a pressione bilanciata è, anche in questo caso, la possibilità di abbinare lo scavo al sostentamento del fronte, seguito dalla rimozione dello smarino e dalla messa in opera del rivestimento della galleria.

I vantaggi possono essere così riassunti:

- la galleria viene eseguita direttamente a piena sezione;
- la messa in opera del rivestimento è definitiva evitando lavori di consolidamento come centinatura, iniezione di spritz-beton e bullonatura;
- l'azione dei carichi esercitati dall' ammasso roccioso sono limitati dall'elevata rapidità delle operazioni di scavo.

In funzione delle condizioni geologiche e di altri fattori esterni, bassa copertura e lavori sotto battente, si utilizzano scudi di tipo differente.

### Scudi per terreni incoerenti

Terreni sciolti	<b>Scudi operanti a pressione atmosferica</b>	Limitano eventuale subsidenza
Terreni plastici	<b>Scudi operanti a pressione atmosferica o ad aria compressa</b>	Evitano rigonfiamenti delle argille ed eventuali collassi del fronte di scavo
Terreni sotto battente idraulico	<b>Scudi operanti ad aria compressa</b>	Evitano le venute di acqua e mantengono l'equilibrio idrogeologico

Lo scudo è costituito da un elemento cilindrico in carpenteria metallica opportunamente rinforzata per resistere ad elevate pressioni. L'avanzamento del corpo è garantito da un sistema idraulico. La lunghezza standard del corpo è di circa 2-3 metri ed è strettamente connessa al diametro della galleria. La parte anteriore è detta "visiera di taglio". Questa parte frontale è particolarmente robusta e rivestita di piastre antiusura che devono resistere alle forti sollecitazioni dovute all'avanzamento. In funzione del tipo di terreno, lo scudo può essere provvisto o meno di protezione. Nel caso in cui il terreno sia incoerente è fondamentale prevedere una copertura frontale per evitare che il materiale possa invadere la galleria. La parte terminale, detta coda, permette agli operatori di lavorare in condizioni di sicurezza per la messa in posa dell'anello prefabbricato. La coda per questo motivo è lunga circa una volta e mezzo la lunghezza dell'anello prefabbricato detto concio.

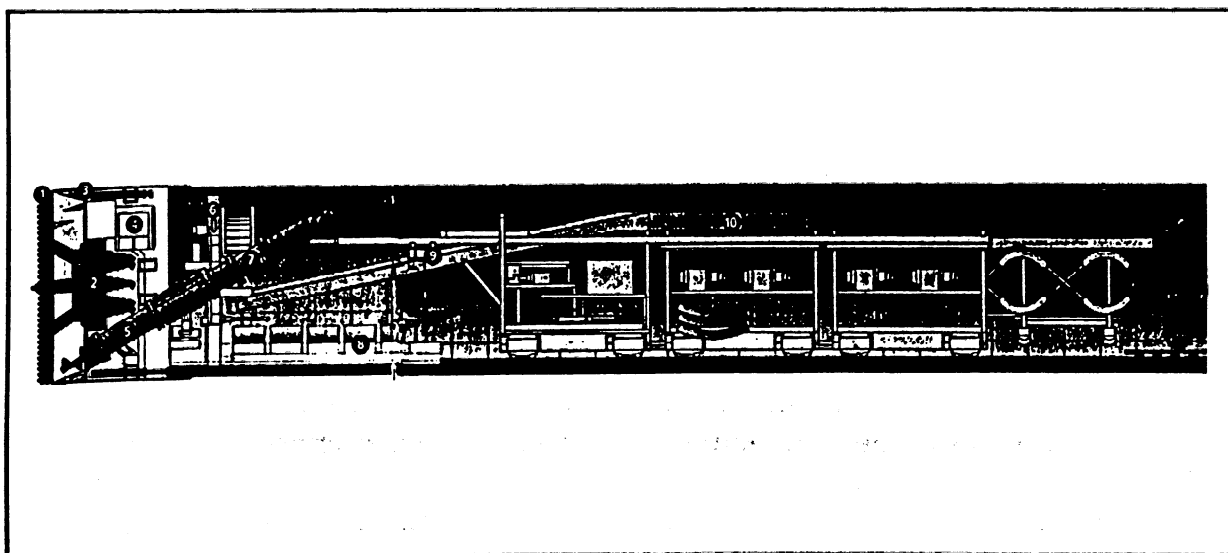


Fig. 11 • 1. testa di taglio; 2. corpo motore; 3. cilindro di spinta; 4. camera pressurizzata; 5. coclea di smarino; 6. erettore conci prefabbricati; 7. scarico di coclea; 8. posizionatori conci prefabbricati; 9. argano conciprefabbricati; 10. nastro trasportatore.

## 2.3 Scavo con frese puntuali

L'utilizzo di frese puntuali, pur se concepite per lavori di tipo minerario, va sempre più diffondendosi negli scavi eseguiti in sotterraneo per lavori di ingegneria civile. Tale diffusione è favorita dal progredire della tecnologia e dalla scoperta di nuove leghe metalliche che garantiscono una minore usura degli utensili.

Queste sono macchine di avanzamento operanti il più delle volte in materiali medio-teneri.

La caratteristica principale di una fresa puntuale è la modalità di scavo che viene eseguito a mezzo di una testa sulla cui superficie sono assemblati utensili di taglio.

Gli utensili singoli o multipli sono montati all'estremità di bracci articolati e snodabili per cui la sezione di scavo può variare con l'apertura o l'orientamento di questi bracci portafresa. Le frese puntuali generalmente sono equipaggiate con sistemi di carico e nastri che permettono di movimentare il materiale scavato evitando l'alternanza al fronte tra le macchine di produzione e quelle di smarino.

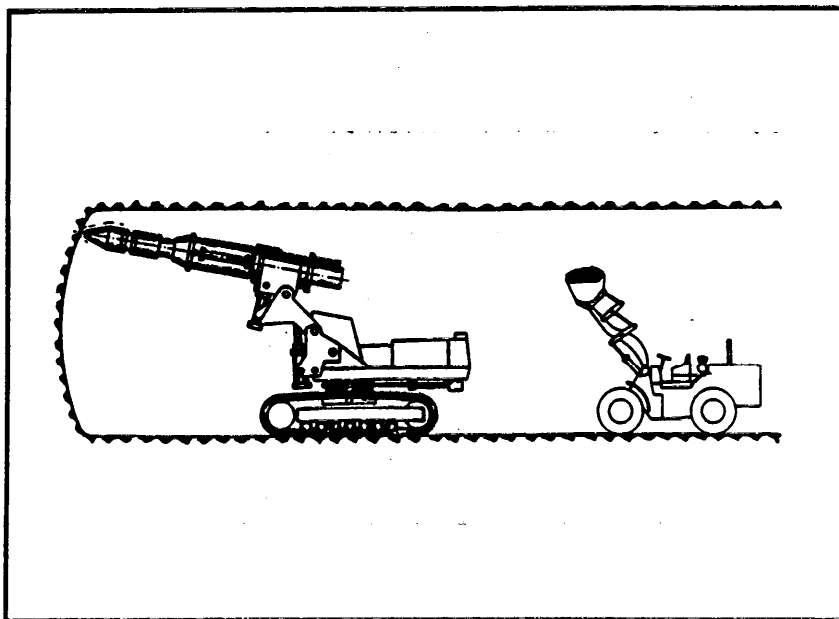


Fig. 12 • Esempio di fresa puntuale

L'abbattimento meccanico presenta il vantaggio, rispetto all'abbattimento per mezzo di esplosivi, di ridurre notevolmente la sconnessione dell'ammasso roccioso alla periferia dello scavo con conseguente riduzione del volume di roccia interessata alla decompressione e quindi dei carichi gravanti sul rivestimento. In questo modo viene prolungato sensibilmente il tempo di autosostegno dell'ammasso roccioso.

Una limitazione all'impiego delle frese puntuali è la non elevata flessibilità dell'utensile ad adattarsi ad eventuali cambiamenti sostanziali della geologia del terreno attraversato.

## 2.4 Scavo con esplosivo

L'esplosivo costituisce il mezzo per l'abbattimento economico delle rocce dure. Tuttavia il suo campo di applicazione si estende, in alternativa ai mezzi meccanici, anche alle rocce di media durezza. L'abbattimento delle rocce viene effettuato con mine. Per mina s'intende il foro eseguito sul fronte di scavo riempito parzialmente di esplosivo e per la restante parte di materiale sterile d'intasamento. I fori delle mine vengono eseguiti con carri di perforazione, detti "jumbo", (fig. 13) dotati di due-tre perforatori montati su affusti. Particolari dispositivi consentono di comunicare l'accensione all'esplosivo. Nelle grandi gallerie stradali e ferroviarie ogni volata può comprendere fino ad un centinaio di mine: nello scavo della galleria del monte Bianco ogni volata comprendeva 120 - 150 fori da mina con diametro di 40 mm, profondi 4 metri ed un foro centrale da 203 mm di diametro.

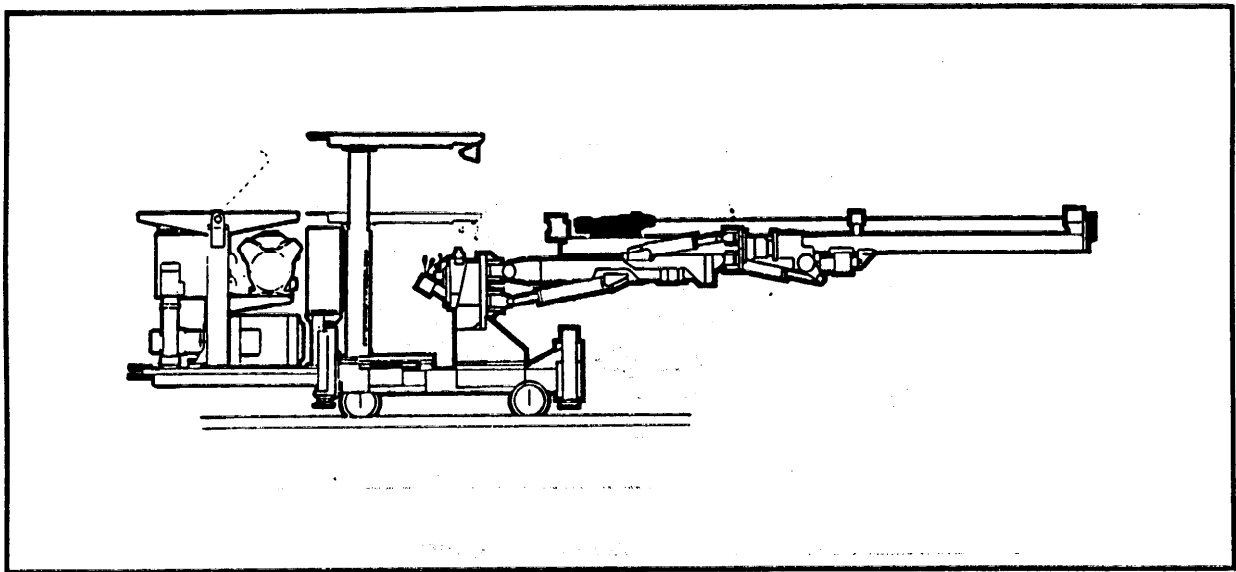


Fig. 13 - Carro di perforazione (jumbo)

Il problema dell'avanzamento in galleria con l'utilizzo degli esplosivi è legato, dal punto di vista strettamente tecnico, al fatto che il fronte di taglio si presenta con una sola faccia libera, per cui è necessario crearne una seconda con l'aiuto di un vuoto situato generalmente al centro della sezione.

Una volta creato il vuoto al centro, i volumi di roccia da abbattere presentano sempre due superfici libere come mostra la figura 14 che schematizza in successione le differenti fasi di allargamento della sezione a partire dalla rinora ovvero dal foro centrale.

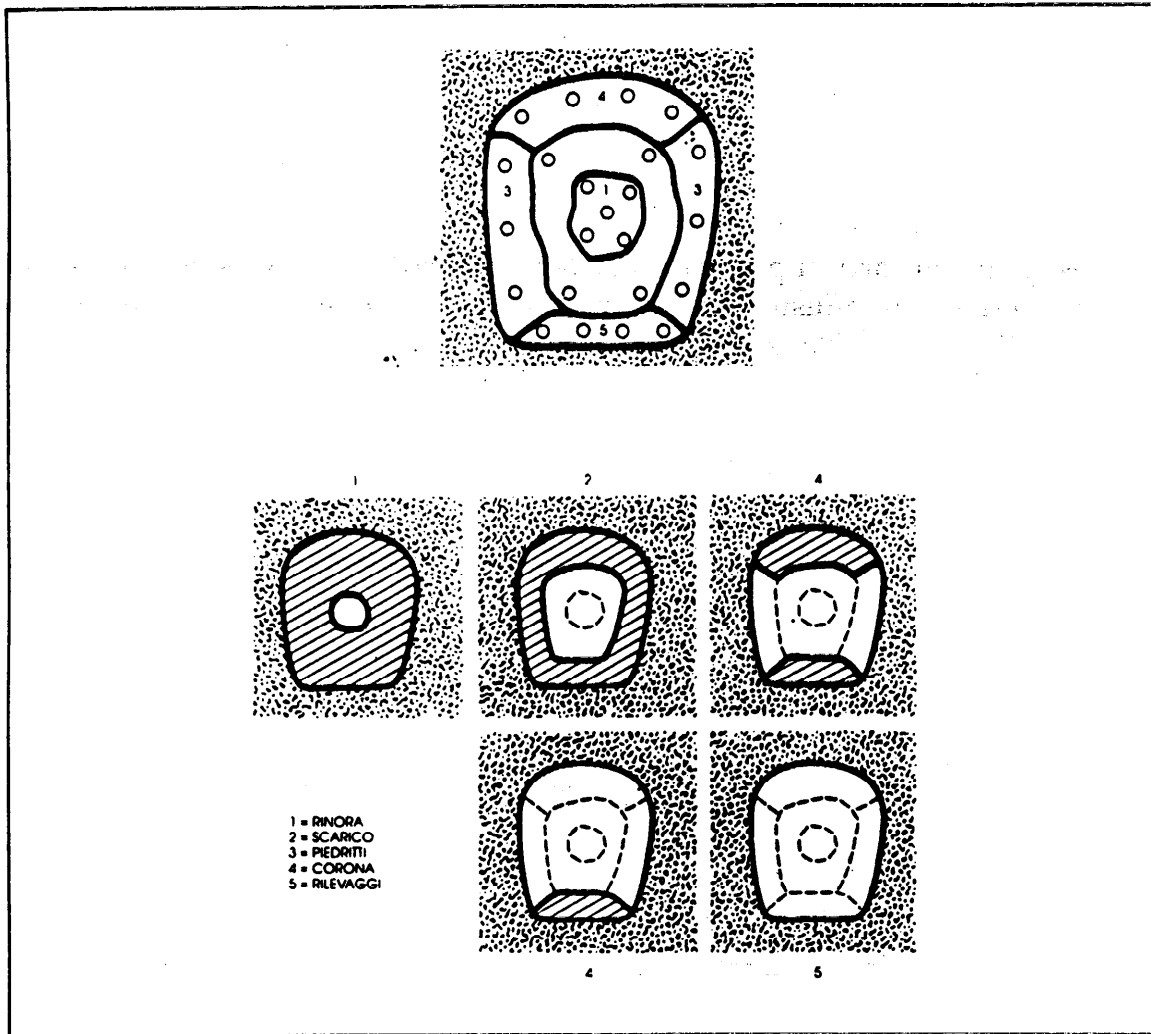


Fig. 14 • Fasi di abbattimento con esplosivo

Per ottenere l'effetto descritto in figura gli esplosivi non devono detonare contemporaneamente. Allo scopo, la volata va progettata prevedendo una successione nella detonazione delle cariche esplosive tramite microritardi.

### 2.4.1 Esplosivi

Di seguito sono riportate alcune definizioni ed alcuni cenni, non esaustivi, sulle tecniche d'impiego degli esplosivi.

#### Definizione di esplosivo

Un esplosivo è un materiale, o una miscela di materiali, capaci, sotto certe condizioni, di decomporsi molto rapidamente (qualche centesimo di secondo) dando luogo successivamente ad un'onda esplosiva e ad uno sviluppo di un volume enorme di gas.

### Modo di azione dell'esplosivo

L'onda esplosiva agisce sul materiale come un forte colpo di ariete e lo fessura.

Quindi i gas sviluppati, espandendosi, penetrano nelle fessure, le allargano e provocano il distacco del materiale.

### Potenza di un esplosivo

La potenza di un esplosivo dipende sia dalla velocità di detonazione, cioè dalla velocità con la quale si decompone sia dalla quantità di gas sviluppati.

L'effetto del colpo di ariete è tanto più importante quanto più la velocità di detonazione è elevata. La velocità, variabile secondo il tipo di esplosivo, permette di distinguere le due seguenti categorie:

- gli esplosivi deflagranti o lenti con velocità di detonazione dell'ordine di 400 m/s.
- gli esplosivi detonanti o dirompenti con velocità di detonazione molto più rapida (2000-8000 m/s).

### Innescamento

Per provocare la decomposizione di un esplosivo è necessario un agente esterno. Una fiamma, ad esempio, per gli esplosivi deflagranti è sufficiente ad innescare la reazione. Gli esplosivi detonanti per decomporsi devono, invece, essere sottoposti ad uno choc violento quale quello provocato dall'esplosione di un detonatore o di una miccia detonante.

### Tipologia esplosivi

L'esplosivo deflagrante più conosciuto è la polvere nera. Tra gli esplosivi di più corrente utilizzo sono le dinamiti, gli slurries, i pulverolenti e gli AN/FO.

### Principali dati tecnici di esplosivi italiani

<b>Denominazione</b>	<b>A</b>	<b>B<sup>1</sup></b>	<b>C</b>	<b>D</b>
<b>Gomma A</b>	<b>7500</b>	<b>6</b>	<b>&gt;10</b>	<b>1,55</b>
Gomma Asb	7450	8	>10	1,6
Gelatina 1	6550	6	>10	1,45
Gelatina 2	6100	6	>10	1,42
Gelatina 3	6100	6	6	1,55
Vulcan 3	4500	8	10	1,05
Cava extra 2	4550	8	10	1,05
Cava 1	3800	10	5	1,0
ANFO4	2100	10	2	0,8
ANFO5	2300	10	2	0,8
Grisutina 13,1%	4100	6	>15	1,15
Profilx	3240			1,2
Sismic 1	6400			1,55
<b>Sismic 2</b>	<b>6600</b>			<b>1,55</b>

A: velocità di detonazione m/s B: potenza del detonatore necessario; C: distanza di colpo cm; D: densità di carica kg/dm<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Potenza di un detonatore: si valuta per confronto con una scala di detonatori convenzionale (scala Bellier-Bellot).

A seconda che l'esplosivo contenga ossigeno appena bastante ad ossidare completamente la parte combustibile o sia in eccesso o in difetto si definiscono rispettivamente:

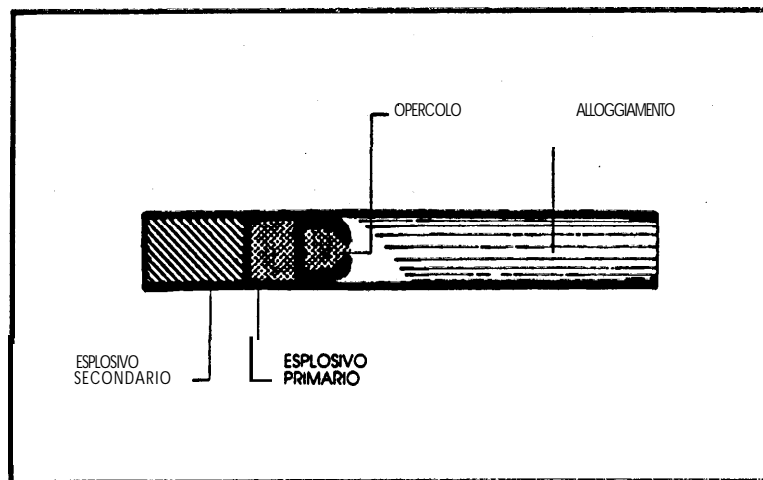
- esplosivi a bilancio di ossigeno neutro;
- esplosivi a bilancio di ossigeno positivo;
- esplosivi a bilancio di ossigeno negativo.

In sotterraneo non è ammesso l'uso di esplosivi a bilancio di ossigeno negativo perchè produrrebbero un'eccessiva quantità di monossido di carbonio (CO).

Artifici per il tiro

La reazione esplosiva può essere innescata in modi differenti a seconda del tipo di detonatore utilizzato.

Il detonatore ordinario è costituito da un tubetto di alluminio (fig. 15) aperto ad una estremità nella quale viene infilata una miccia a lenta combustione che trasmette la fiamma e innesca la reazione con l'esplosivo primario (miscela di azotidrato e stinonato di piombo) del detonatore stesso.



**Fig. 15 • Detonatore ordinario**

Il detonatore elettrico (fig. 16) è composto da un detonatore ordinario e da una struttura elettrica e pirotecnica insieme. Quando il filamento elettrico è percorso da corrente, per effetto Joule, diventa incandescente infiammando la miscela pirotecnica che innesca il meccanismo di esplosione.

Il problema di questo tipo di detonatore è l'innescò accidentale dovuto a correnti vaganti, alle scariche atmosferiche ed alla presenza di campi elettrici generati da linee in tensione. In parte si è ovviato a questo problema con i detonatori ad alta intensità (AI).



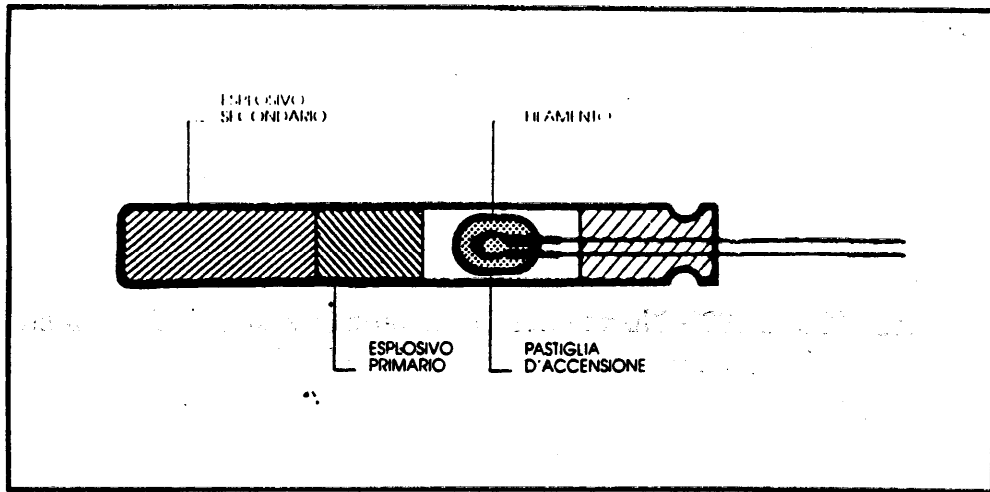


Fig. 16 • Detonatore elettrico

Esistono anche detonatori con innesco non elettrico che non possono, ovviamente, essere innescati accidentalmente da correnti elettriche.

Il detonatore non elettrico è costituito da un tubicino di plastica di 3 mm (fig. 17) alla cui estremità è fissato il detonatore istantaneo o ritardato, contenente una sostanza chimica reattiva che consente una propagazione dell'onda d'urto ad una velocità di circa 2000 m/sec e con energia sufficiente per l'innesco.

Infine come artificio può essere utilizzata la miccia detonante che viene impiegata come mezzo di trasmissione tra il detonatore e l'esplosivo. La miccia detonante, infatti, trasmette l'onda esplosiva esattamente come la miccia lenta trasmette la fiamma. La velocità di detonazione è molto elevata (7000 m/s).

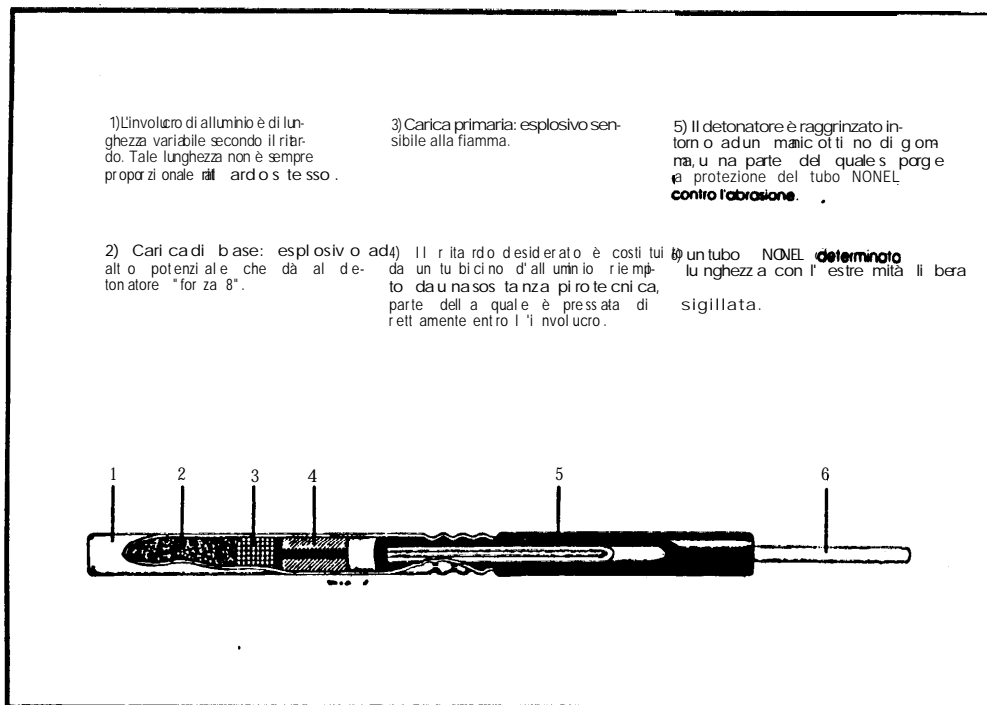


Fig. 17 • Detonatore non elettrico

## 2.4.2. Normativa di riferimento sugli esplosivi

La principale normativa italiana di riferimento in relazione agli esplosivi viene di seguito elencata in ordine cronologico di emanazione:

- RD 18 giugno 1931 n. 733 - TU delle leggi di PS;
- RD 6 maggio 1940 n. 635 Regolamento di esecuzione del TU delle leggi di PS;
- DPR 19 marzo 1956 n. 302 - Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro integrative di quelle generali emanate con DPR 547/55 (Titolo II produzione ed impiego degli esplosivi);
- DPR 20 marzo 1956 n. 320 - Norme per la prevenzione degli infortuni e l'igiene del lavoro in sotterraneo (impiego degli esplosivi in sotterranei non a scopo di estrazione mineraria);
- DPR 9 aprile 1959 n. 128 • Norme di Polizia delle miniere e delle cave;
- Legge 18 aprile 1975 n. 110 - Norme integrative della disciplina vigente per il controllo delle armi, munizioni, ed esplosivi;
- DPR 19 maggio 1978 - Ministero del lavoro e della previdenza sociale. Impianto elettrico sezionato a 300 m dal fronte di impiego quando si usano detonatori ad alta intensità (AI).

Il RD 6 maggio 1940 n. 635 - Regolamento di esecuzione del TU leggi di PS con l'art. 83 classifica gli esplosivi e materiali affini in cinque categorie:

- I - polvere pirica e prodotti affini negli effetti esplodenti (sostanze deflagranti);
- II • dinamiti e prodotti affini negli effetti esplodenti (sostanze detonanti secondarie);
- III- detonatori e affini negli effetti esplodenti (sostanze detonanti primarie);
- IV- artifizi e prodotti affini negli effetti pirotecnici;
- V • artifizi e prodotti affini negli effetti pirotecnici.

E' particolarmente pericoloso e vietato conservare e trasportare assieme esplosivi e detonatori. Il divieto vale anche in cantiere.

### 3. CONSOLIDAMENTO

Lo scavo di una galleria altera, come già detto, lo stato tensionale dell'ammasso roccioso. Lungo il profilo della sezione agiscono delle tensioni che possono portare al collasso locale della struttura. Per questo motivo si deve intervenire ancora una volta in relazione alle caratteristiche geomeccaniche della roccia che si sta attraversando.

I sistemi di sostegno più correntemente usati sono :

- sostegno con calcestruzzo proiettato (spritz-beton);
- sostegno con tiranti;
- sostegno con centine provvisorie;
- trattamenti speciali.

Lo spritz-beton è un procedimento per contenere le azioni delle tensioni agenti sul profilo della sezione di scavo, rivestendolo immediatamente con calcestruzzo armato, proiettato sulle pareti di contorno, ed a presa accelerata. Aperto un tratto di galleria di lunghezza variabile si procede, previa spruzzatura del vano di scavo per uno spessore di pochi centimetri, al montaggio della centina reticolare di armatura, delle armature secondarie in tondino di ferro e della rete elettrosaldata che verranno incorporate nel getto di calcestruzzo, proiettato ed a presa accelerata.

La presa del getto, grazie all'accelerante, inizia nel giro di pochi secondi e dopo un'ora circa il rivestimento diventa solido e può sopportare le successive operazioni.

Il sistema di sostegno con tiranti consiste nel mettere in opera un dispositivo che permette di evitare la decompressione della roccia immediatamente dopo le operazioni di scavo.

A tal fine si procede all'esecuzione di una serie di fori disposti secondo uno schema tipico per ogni sezione e si introducono poi, in ciascuno di essi, dei tiranti metallici o di altri materiali che vengono bloccati con l'aiuto di dispositivi ad espansione o sigillati con malta a presa rapida o resine. Alcuni tiranti hanno la parte esterna del foro filettata e, pertanto, tramite il serraggio del dado, si ristabilisce un certo sforzo di compressione sulla roccia ricreando in tal modo le condizioni di equilibrio statico precedenti alle operazioni di scavo.

Il sistema di centinatura (fig. 18) con profilati metallici sostituisce il vecchio sistema che utilizzava strutture in legno migliorandone la qualità sia in termini di facilità di messa in opera sia per il minor ingombro.

A seconda della natura del terreno le centine sono poste ad intervalli che vanno generalmente da 0,5 a 1,5 m. Le centine hanno la duplice funzione di sostenere direttamente la roccia ed una pannellatura in legno o in metallo. Il vuoto tra la pannellatura e il profilo della roccia viene riempito con calcestruzzo proiettato.

L'armatura strutturalmente connessa con la roccia viene sottoposta a misure di verifica per determinare eventuali deformazioni in corrispondenza di opportune sezioni trasversali delle centine di sostegno. Dai valori di deformazione delle centine si deducono i valori delle sollecitazioni sulle stesse.

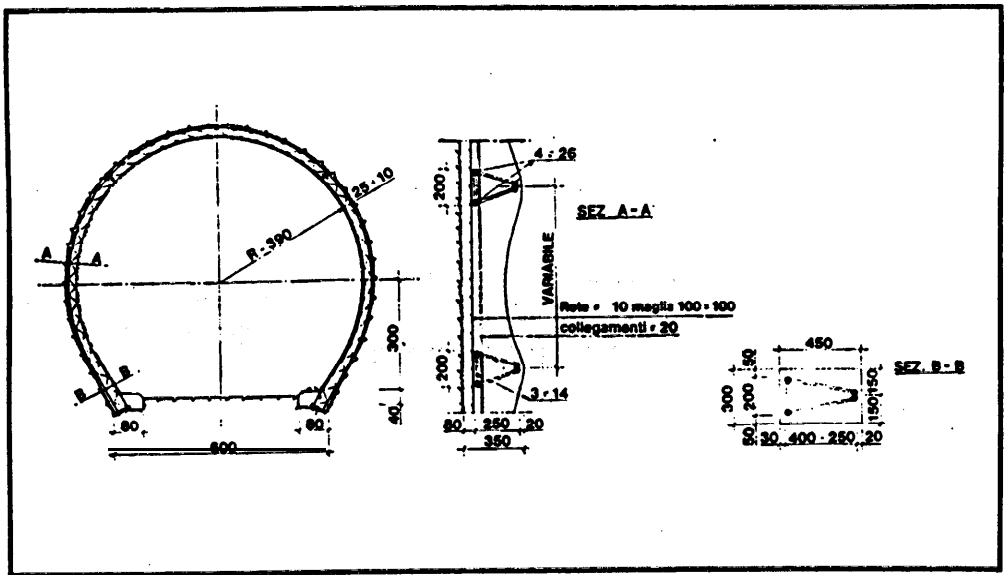


Fig. 18 - Centina reticolare e rete metallica

I trattamenti speciali sono riservati a terreni completamente privi di coesione che necessitano prima dello scavo d'interventi, quali ad esempio l'iniezione di resine o il congelamento, che conferiscono quelle caratteristiche meccaniche tali da consentire le successive fasi di lavoro.

#### 4. SMARINO

Lo smarino ovvero il trasporto all'esterno del materiale di risulta dello scavo, in particolare nelle gallerie a grande sezione, 80-100 m<sup>2</sup>, è un'operazione complessa ed è quella che impegna il periodo di tempo più lungo nell'intero ciclo della volata. Va infatti considerato che la roccia abbattuta subisce un aumento di volume apparente di circa una volta e mezzo il volume che aveva in situ. Su tale volume apparente va dimensionato l'intero ciclo di smarinaggio.

Le operazioni di smarino si suddividono in due fasi:

- il carico
- il trasporto e scarico.

Il carico del marino viene effettuato con escavatori, pale cariatrici (fig. 19), ed autocaricatori. Delle pale cariatrici vengono forniti in figura alcuni dati caratteristici. La motorizzazione di queste può essere anche ad aria compressa.

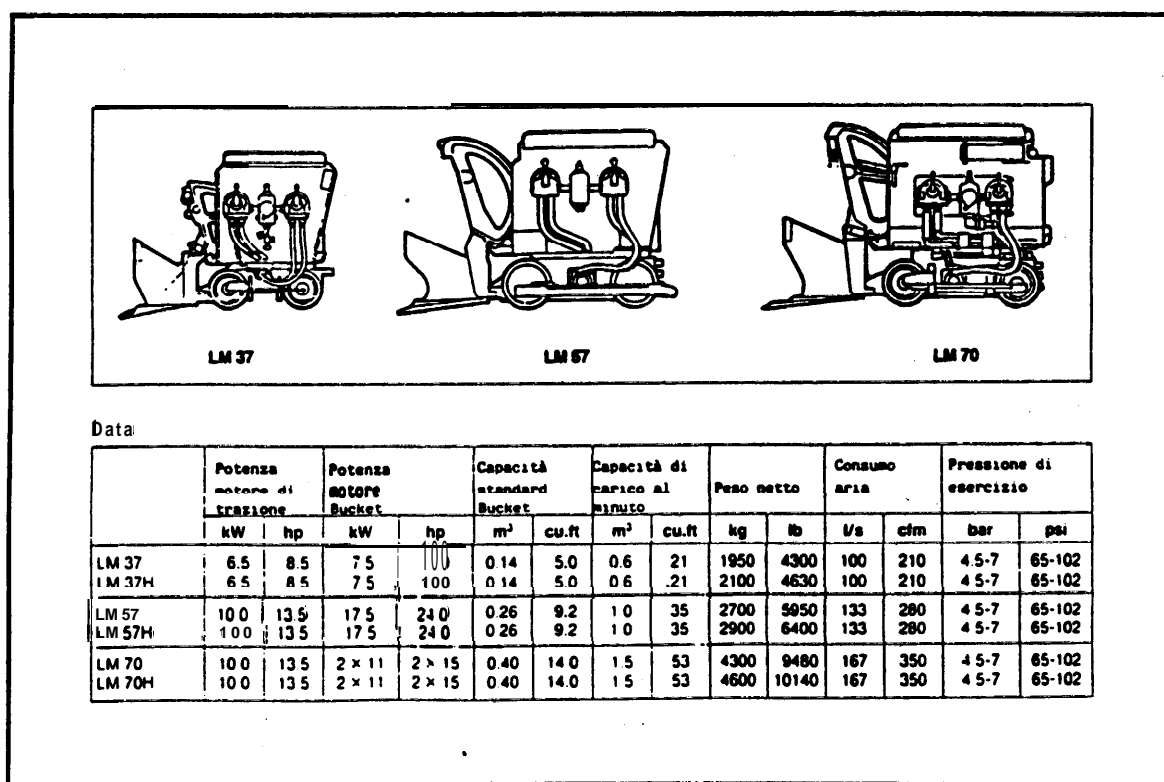
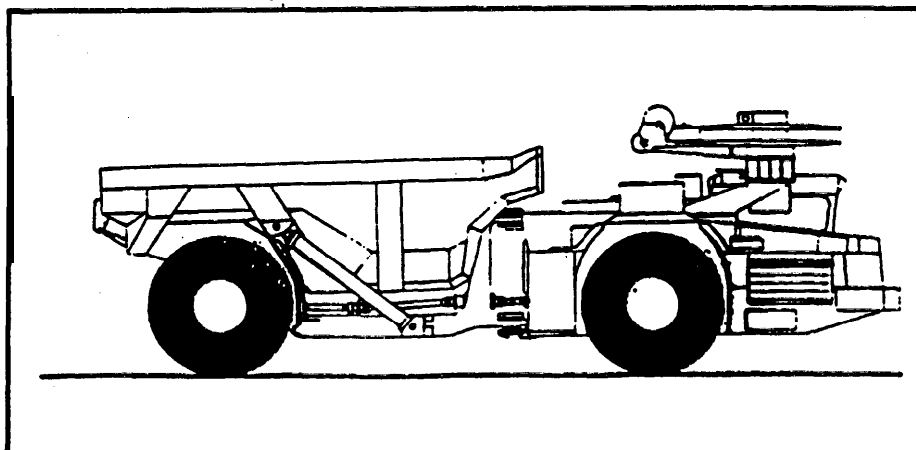


Fig. 19 • Pale cariatrici e caratteristiche principali

La scelta del sistema di trasporto del marino dipende da alcuni fattori quali la lunghezza della galleria, la sua sezione, la distanza della discarica in cui depositare il materiale di risulta.

Di norma per i lavori di ingegneria civile vengono utilizzati mezzi gommati, dumpers (fig. 20), aventi il cassone ribaltabile, lasciando il sistema a rotaia con scartamento ridotto per i lavori di tipo minerario.

Il caricamento sui dumpers avviene generalmente per mezzo di pale cingolate a scarico frontale o laterale azionate da motore ad aria compressa o diesel. In quest'ultimo caso devono essere previste particolari precauzioni per lo scarico dei gas di combustione. Il mezzo può anche essere elettrico come il dumper rappresentato in figura 20.



**Fig. 20 - Dumper con motore elettrico**

## 5. LA SICUREZZA E L'IGIENE DEL LAVORO IN GALLERIA

I lavori eseguiti in sotterraneo, dal punto di vista della sicurezza e dell'igiene del lavoro, richiedono una particolare attenzione. Oltre a molti fattori occasionali e non prevedibili che contribuiscono a rendere rischiosa l'attività lavorativa si può affermare che il rischio è connaturato agli ambienti stessi e alla tipologia dei lavori.

A conferma di ciò è sufficiente fare alcune considerazioni sugli spazi di lavoro disponibili, estremamente ristretti, sull'illuminazione forzosamente artificiale, sulla difficoltà con cui si può ricostruire e prevedere il comportamento delle rocce e dei terreni. Ulteriori approfondimenti circa la sicurezza sul lavoro vanno fatti sui mezzi utilizzati per l'avanzamento, siano essi gli scudi ad aria compressa, in cui gli operatori si trovano a lavorare a pressioni superiori alle 2-3 atmosfere, siano essi gli esplosivi.

La materia in argomento è regolamentata da una norma, il DPR 20 marzo 1956 n. 320. A questa si è aggiunto, per tutte le opere il cui committente sia la pubblica amministrazione, e ciò vale con maggior frequenza per i lavori in sotterraneo, l'art. 18, comma 8 della L. 55/90. Quest'ultima legge, pur non aggiungendo nulla alla normativa vigente, tuttavia prevede che sia redatto un piano per la sicurezza fisica dei lavoratori. Se correttamente utilizzato in fase di progettazione ed in fase esecutiva questo è un ottimo strumento di prevenzione. L'elaborazione del piano della sicurezza deve essere, pertanto, la sintesi dei contributi di tecnici specializzati e dell'esperienza dei lavoratori addetti. L'analisi di rischio quanto più si fa dettagliata tanto più consentirà di evitare problemi per la salute e la sicurezza dei lavoratori.

Successivamente saranno esaminate alcune delle singole operazioni di scavo ed approntamento delle opere di rivestimento che vengono realizzate in galleria.

Seguirà una preliminare valutazione a livello di "fattori di rischio" riscontrabili in ambienti di lavoro in sotterraneo.

### 5.1 Frane all'interno delle gallerie

I franamenti all'interno della gallerie si verificano per lo più nella volta, più di rado sui lati e solo raramente sul suolo (i cosiddetti cedimenti). I franamenti si verificano generalmente quando la volta è ancora scoperta. Il crollo non ha luogo improvvisamente ma è sempre preceduto dal distacco sempre più frequente ed abbondante di frammenti di roccia e da deformazioni dovute alle pressioni.

Le manifestazioni franose dipendono dalle condizioni di stabilità del terreno in relazione alle caratteristiche geomeccaniche, all'intensità della fessurazione ed alla circolazione delle acque sotterranee.

Le cause delle frane possono anche derivare sia dalle armature troppo deboli e malamente sistemate, sia da troppo lunghi intervalli di tempo intercorsi tra lo scavo e il rivestimento, per cui viene favorita la formazione di nuclei di distacco. Ad esempio una roccia con una debole coesione può presentare tempi brevi di auto-sostentamento. In questo caso si dovrà procedere con immediate opere di armamento per evitare franamenti. Rocce con tempi lunghi di auto-sostentamento, ma estremamente fratturate possono dar luogo a fornelli ovvero a rilasci verticali di materiale.

E' d'obbligo, intervenire con il più idoneo sistema di sostegno fra quelli descritti precedentemente.

## 5.2 Atmosfere esplosive

Nei lavori in sotterraneo si può incorrere nel fenomeno delle emanazioni gassose. Questo fenomeno è molto noto nelle miniere di carbon fossile. Tuttavia emissioni di gas idrocarburi si possono verificare anche in attraversamenti di terreni privi di carbon fossile dato che tali gas si rinvenivano comunemente nei sedimenti accumulati in ambienti favorevoli alla naftogenesi ed in genere nei sedimenti che possono racchiudere sostanze organiche in decomposizione.

Il gas più comune è il metano che, se raggiunge concentrazioni comprese fra il 4,5-16% in termini volumetrici, con l'aria diventa esplosivo. La miscela aria-metano è più nota con il termine "grisou". Si sottolinea che tale miscela è inodore e quindi non avvertibile direttamente.

Il metano e gli altri idrocarburi eventualmente presenti, essendo più leggeri dell'aria si raccolgono nella zona di calotta. Lo scavo di una galleria in terreni geologicamente favorevoli per la presenza di metano va condotto con grande precauzione, vietando l'utilizzo di fiamme libere di qualsiasi tipo, di motori a scoppio o diesel e predisponendo apparecchi rilevatori di gas nonché condotte di acqua in pressione per intervenire contro eventuali principi d'incendio.

### Miscele esplosive in atmosfera

Componente combustibile	Limite inferiore di composizione di miscele esplosive	Limite sup. di composizione di miscele esplosive	Temperatura d'innescò della reazione esplosiva	Conseguenze dell'esplosione
Metano	4,5% (a)	16	650 °C Esposizione 10 s ----- 1200 °C Esposizione 20 ms ----- 3000 °C Esplosione istantanea	Effetti meccanici e termici a vasto raggio. Produzione gas tossici.
Polveri di carbone (b)	20-40 g/m <sup>3</sup> (c)	2000 g/m <sup>3</sup>	700 - 1100 °C	Effetti meccanici e termici a vasto raggio. Produzione gas tossici.
Polveri di zolfo e solfuri (d)	250 g/m <sup>3</sup>	1500 g/m <sup>3</sup>	275- 340 zolfo °C 430-460 solfuri °C	Effetti meccanici e termici localizzati. Produzione di gas tossici.

(a): la simultanea presenza di polvere di carbone abbassa notevolmente il limite; (b): carbone con oltre il 10% di componenti volatili, umidità minore del 50%, meno di 75% di ceneri, presenza di particelle più fini di 0,1 mm; (c): limite dipendente strettamente dalla percentuale di componenti volatili; (d): con tenore in zolfo superiore al 12%.



Gli esempi di presenza di metano durante gli scavi in sotterraneo per la costruzione di grandi opere sono numerosi. In particolare va ricordato che le argille scagliose dell'Appennino tosco emiliano hanno dato luogo a manifestazioni cospicue di emissioni di metano.

Durante i lavori per la costruzione della Direttissima Bologna-Firenze, alla progressiva 4937 del cunicolo inferiore, in data 3 agosto 1928, si verificò una forte emissione di metano che provocò l'incendio dei cantieri. L'esplosione distrusse per una lunghezza di 320 metri il cunicolo di ventilazione e provocò il franamento del cunicolo inferiore ed il crollo dell'ultimo anello di calotta con formazione di un fornello. L'incendio durò sino al 10 dicembre causando danni gravissimi. La sorgente venne individuata in corrispondenza di una faglia a 3,40 metri sul piano d'imposta di una calotta. Manifestazioni più ridotte di metano si verificarono in altre parti della galleria, ma senza conseguenze gravi.

### 5.3 Acque sotterranee

Nei lavori di scavo per l'apertura di gallerie spesso s'incontrano rocce impregnate d'acqua. Le condizioni idrogeologiche del sottosuolo sono sensibilmente diverse a seconda della permeabilità, della porosità e della fessurazione della roccia. Tra le condizioni idrogeologiche più pericolose vanno annoverate le situazioni stratigrafiche o tettoniche che, nello scavo della galleria, comportano il passaggio brusco da formazioni impermeabili ad una formazione molto permeabile, sede di cospicuo accumulo idrico.

Particolare importanza assumono nelle grandi gallerie le rocce fessurate, soprattutto quelle calcaree, che possono contenere forti quantitativi di acqua in pressione, talora anche ad elevata temperatura. Pressione e temperatura dipendono, almeno in parte, dalla profondità alla quale queste acque vengono incontrate: quanto maggiore è la profondità tanto maggiori, a parità di altre condizioni, sono la pressione e la temperatura delle acque.

Nella pratica le intercalazioni od inclusioni calcaree vanno considerate, almeno potenzialmente, formazioni acquifere tanto più estese quanto maggiore è l'estensione della massa calcarea. Questa massa è tanto più potenzialmente pericolosa quanto più è affiorante, quanto più fessurata quanto più prossime alla verticalità sono le fessure. E' opportuno, anche in via approssimativa, valutare la pressione alla quale vengono a trovarsi le acque per studiare le eventuali precauzioni atte ad ovviare pericoli ed inconvenienti che possono derivare dall'uscita improvvisa di violenti getti d'acqua dal fronte di avanzamento della galleria.

Un criterio precauzionale, quando sono prevedibili venute d'acqua, è far precedere lo scavo con fori spia di adatta lunghezza.

Dal profilo geotermico può essere dedotta la temperatura approssimata dell'acqua sotterranea.

Durante i lavori l'allontanamento delle acque può essere eseguito mediante cunicolo di scolo oppure, nelle tratte in contropendenza, tramite eiettori o pompe centrifughe azionate ad aria compressa. Le pompe centrifughe devono essere correttamente dimensionate per poter garantire un rapido smaltimento delle acque.

Un esempio di improvvisa venuta di acqua in galleria si ebbe durante lo scavo del traforo del Monte Bianco.

Il 10 dicembre 1961 alla progressiva 3660 si verificò una venuta d'acqua di proporzioni eccezionali. Una portata di oltre 1000 litri/sec allagò la galleria ricoprendola per tutta la lunghezza di una lama d'acqua di 40 cm sconvolgendo, di conseguenza, il piano di transito. Si fecero diverse ipotesi sulla origine di questa e di altre venute di acqua.

La temperatura della roccia, contrariamente alle previsioni, diminuì sino ad arrivare ad un minimo di  $12^{\circ}\text{C}$  di fronte agli oltre  $30^{\circ}\text{C}$  previsti dagli studi progettuali: questo significava, secondo l'interpretazione più accettata, che la galleria attraversava una zona molto ricca di acqua in circolazione, la quale creò gravi problemi per lo scavo, data l'impossibilità di prevederne l'estensione.

#### **5.4 Temperatura all'interno delle gallerie**

Nello studio e nelle esecuzioni delle grandi gallerie, occorre tener presente che la temperatura della roccia, e di riflesso quella dell'aria nel cavo, aumenta via via che ci si allontana dalla superficie esterna, e che quando si superano i  $25^{\circ}\text{C}$  soprattutto se in aria satura di umidità come di norma si riscontra in galleria, occorrono particolari mezzi di ventilazione perchè sia garantito il benessere fisico dei lavoratori e non ne sia ridotta l'efficienza fisica, in particolare per chi esegue lavori pesanti.

L'aumento di temperatura che si riscontra per ogni metro di profondità viene definito gradiente geotermico. Tuttavia spesso si utilizza il gradiente geotermico per definire il valore in gradi centigradi dell'aumento di temperatura per ogni 100 metri di profondità. Il numero di metri che occorre scendendo in profondità per riscontrare l'aumento di  $1^{\circ}\text{C}$  di temperatura viene definito grado geotermico.

Dai risultati delle osservazioni, compiute durante la costruzione di gallerie è possibile accertare, in via approssimata, la distribuzione delle temperature nel cavo delle gallerie e, utilizzando le misure di temperature della superficie esterna, ricostruire l'andamento delle superfici isoterme. Occorre aggiungere che la natura delle rocce e la posizione dei piani di stratificazione o di scistosità esercitano una certa influenza sulla distribuzione del calore interno.

Ad esempio, le temperature massime misurate nella galleria del San Gottardo sono state  $30,4^{\circ}\text{C}$  con grado geotermico di 57 metri e nella galleria del Sempione  $55,4^{\circ}\text{C}$  con un grado geotermico di 38 metri.

La temperatura più elevata fu riscontrata nella galleria appenninica della Direttissima Bologna - Firenze che, con un ricoprimento massimo di circa 2000 metri, ha fatto registrare temperature fino a  $63^{\circ}\text{C}$ .

#### **5.5 Illuminazione**

Frequente causa d'infortunio nei lavori in sotterraneo è l'illuminazione non funzionale all'ambiente di lavoro.

All'interno delle gallerie deve essere garantita una idonea illuminazione artificiale sia quantitativamente che qualitativamente (fig. 21). L'illuminazione

artificiale deve essere estesa a tutti i posti di lavoro ed alle vie di transito, usando particolare attenzione per i punti pericolosi indipendentemente dai mezzi di illuminazione individuati. Può essere opportuno utilizzare segnalazioni lampeggianti in prossimità dei punti pericolosi. I corpi illuminanti devono avere un adeguato grado di protezione contro la penetrazione delle polveri e dell'acqua e devono essere resistenti agli urti.

Di fondamentale importanza risulta la manutenzione ordinaria (pulizia, verifica, etc.) dei sistemi d'illuminazione per mantenere il grado di luminosità per i quali sono stati progettati ed installati.

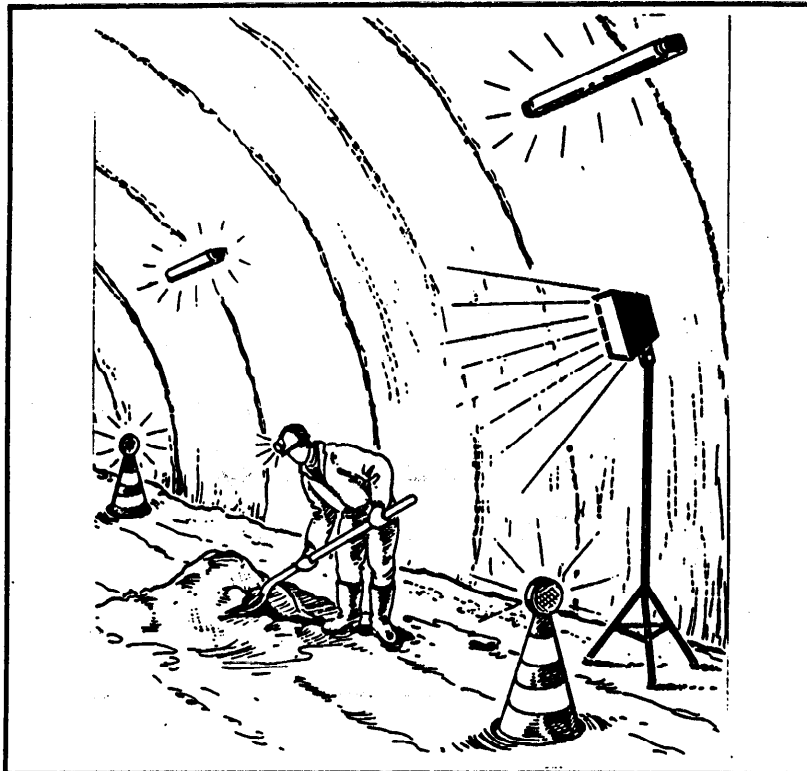


Fig. 21- Esempio di corretta illuminazione

## 5.6 Installazioni elettriche

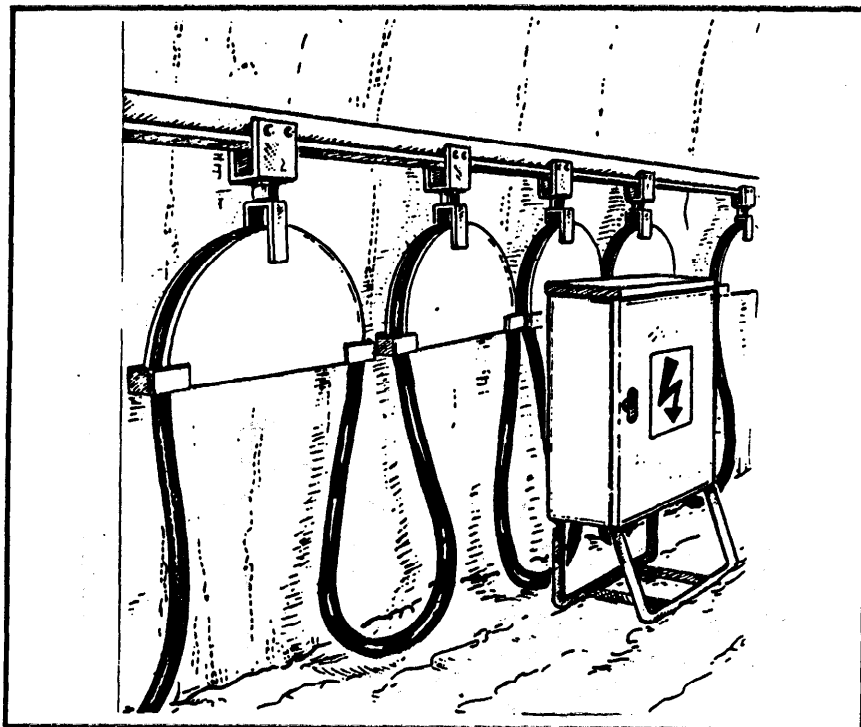
Relativamente agli impianti elettrici, gli scavi in sotterraneo devono considerarsi “ambienti bagnati” ai sensi dell’art. 4 DPR 320/56. Da questa affermazione discende che devono essere prese, salvo ulteriori e specifiche misure in caso di presenza di gas esplosivi, tutte le precauzioni dettate dalle norme CEI per gli impianti ed i dispositivi a funzionamento elettrico nei luoghi bagnati.

Alcune misure preventive, di carattere generale, da seguire nell’installazione e manutenzione degli impianti elettrici sono le seguenti:

- utilizzare idonei sistemi di sostegno e di connessione dei tubi e dei cavi elettrici: una soluzione è fissare in modo stabile e sicuro i cavi alle pareti di scavo;

- non curvare e non sottoporre in modo eccessivo i cavi elettrici a sforzi di trazione durante l'installazione;
- ispezionare e verificare l'impianto elettrico con personale qualificato ed autorizzato;
- segnalare immediatamente ogni anomalia, difetto o carenza dell'impianto elettrico.

GRUPPO EDITORIALE L'ESPRESSO - VIA MONTENAPOLEONE, 159 - 00186 ROMA - TEL. 06/478111



**Fig. 22 - Esempio di una corretta installazione di cavi elettrici**

## 5.7 Inquinamento dell'aria

Nei lavori in sotterraneo ed in generale negli ambienti confinati senza possibilità di aerazione naturale, si pone con una certa gravità il problema dell'inquinamento dell'aria.

Gli inquinanti negli scavi in sotterraneo sono i gas tossici e le polveri.

I gas tossici sono emessi dal processo di combustione interno dei motori a scoppio e dai fumi a seguito dell'utilizzo di esplosivi.

Le polveri si formano durante i lavori di scavo con l'utilizzo di cariche di esplosivo, le perforazioni con "jumbo", gli abbattimenti del fronte con mezzi meccanici e durante la movimentazione del materiale abbattuto con le pale meccaniche e successivamente con i dumpers lungo le vie di transito.

### Gas tossici

I gas tossici più frequenti sono gli ossidi di carbonio e i vapori nitrosi.

Un gas che può facilmente essere associato al metano è l'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) in quanto è complementare al metano nel suo processo di trasformazione da cellulosa di vegetale in gas. E' un gas incolore ed inodore, più pesante dell'aria e molto pericoloso per la salute fino ad essere letale se presente in certe concentrazioni in atmosfera.

Per limitare l'emissione di monossido di carbonio (CO) da parte dei motori diesel dei mezzi presenti in galleria è necessario utilizzare macchine equipaggiate con motori in buono stato di manutenzione e perfettamente regolati nel processo di combustione anche in funzione dell'altitudine. Le macchine, tuttavia, devono essere munite dei depuratori dei fumi di scarico.

Alcuni termini indicativi per garantire un idoneo ricambio di aria, relativamente ai gas di scarico, è assicurare una portata di aria fresca di almeno 50 l/minuto per cavallo di potenza tenendo conto di tutto il parco macchine presente in sotterraneo.

I gas tossici dovuti alla detonazione dell'esplosivo sono contenuti dentro il tappo di fumi creati dallo sparo e sono prevalentemente degli ossidi di azoto (NO, NO<sub>2</sub>).

L'azione di prevenzione consiste nell'attendere che i fumi dell'esplosivo siano sufficientemente diluiti per poter riprendere il lavoro.

Un criterio quantitativo, di tipo empirico, per un sufficiente lavaggio dello scavo, è di immettere una portata di aria fresca pari a 200 l/s per mq di sezione. In tale modo l'accesso in galleria può essere permesso trascorsi circa 30 minuti dallo sparo.

Gas che si possono rinvenire in galleria, ma che differentemente agli altri sopra elencati si avvertono per il loro odore caratteristico, sono l'acido solfidrico (H<sub>2</sub>S) e l'anidride solforosa (SO<sub>2</sub>).

L'acido solfidrico ha il caratteristico odore di uova marce. Dal punto di vista tossicologico è molto pericoloso non solo per inalazione ma anche per contatto, in particolare per gli occhi e per le piccole ferite. Fra le caratteristiche chimico-fisiche si ricordano quelle di essere più pesante dell'aria ed essere esplosivo se mescolato con aria in proporzioni superiori al 6%.

L'anidride solforosa è più pesante dell'aria ed ha un odore pungente e soffocante. E' estremamente tossica.

<b>Effetti letali</b>	<b>% CO<sub>2</sub></b>	<b>% CO</b>	<b>% H<sub>2</sub>S</b>	<b>% SO<sub>2</sub></b>	<b>% NO, NO<sub>2</sub></b>
<b>Dopo 20-30 min di inalazione</b>	<b>10-20</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>
<b>Dopo un'inalazione di breve durata</b>	<b>20-25</b>	<b>0,1</b>	<b>0,2</b>	<b>0,05</b>	<b>0,025</b>

In questo elenco di gas andrebbe compreso anche il vapor d'acqua che non è un gas e non è certamente tossico, ma che in elevate percentuali nell'aria può rendere estremamente gravoso il lavoro.

## **Polveri**

Le polveri sono ovviamente dello stesso tipo litologico dell'ammasso roccioso che si sta attraversando. Le più pericolose sono quelle di silice, in particolare quelle di piccole dimensioni (inferiori a 5 micron).

Le precauzioni da prendere per limitare la produzione e il sollevamento delle polveri sono:

- utilizzare utensili di perforazione muniti di dispositivi per l'iniezione di acqua;
- bagnare di continuo durante le operazioni di carico il materiale abbattuto;
- immettere un' idonea quantità di aria fresca.

## 6. ANALISI DEI RISCHI DELLE ATTIVITA' NEI LAVORI IN SOTTERRANEO

I lavori eseguiti in sotterraneo per lo scavo di gallerie, pur nella varietà delle condizioni dovute ai differenti tipi litologici incontrati durante le attività di cantiere, ai metodi di avanzamento, alle tecnologie di scavo adottate e ai conseguenti possibili rischi sopra elencati, prevedono una serie di operazioni ripetitive ed in qualche modo standard. Questo permette di fare un'analisi di rischio, che pur non essendo comprensiva di tutte fasi di lavoro, può essere sufficiente ad inquadrare il problema della sicurezza e dell'igiene del lavoro in galleria.

## Analisi del lavoro e dei rischi

**Fase:** accesso al cantiere

**Sottofase:** circolazione di persone in presenza di traffico veicolare



**Analisi dei rischi:**

- investimento da parte di mezzi in movimento;
- cadute o scivolamenti dovuti alla irregolarità del terreno e/o presenza a terra di materiali vari;
- caduta di materiali dall'alto;
- urti contro le irregolarità delle pareti;
- polveri.

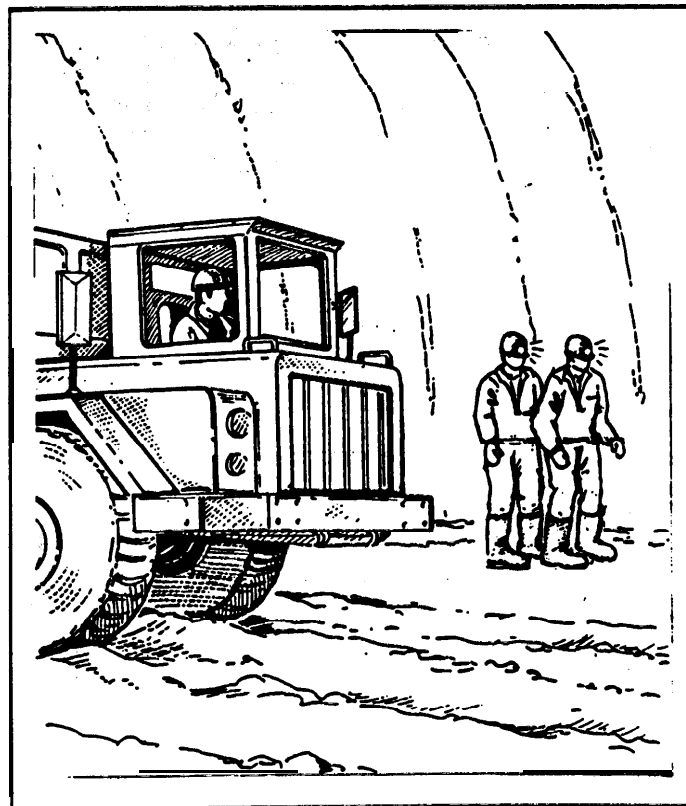


## Misure preventive:

- utilizzare i percorsi pedonali previsti per l'accesso al fronte di scavo;
- lasciare un franco di almeno 70 cm oltre la sagoma dell'ingombro del veicolo (nel caso in cui ciò non risulti possibile devono essere predisposte nicchie a distanza non maggiore di 30 metri l'una dall'altra);
- regolare l'accesso degli automezzi e delle macchine operatrici in sotterraneo;
- illuminare adeguatamente i percorsi pedonali e le vie di transito;
- mantenere in stato di scrupolosa efficienza l'illuminazione e le vie di transito;
- usare segnalazioni lampeggianti in prossimità dei punti pericolosi;
- installare segnalazioni luminose di tutti gli ostacoli presenti sulle vie di transito;
- predisporre sulle macchine operatrici idonei sistemi di illuminazione e di segnalazione delle manovre;
- limitare la polverosità, se necessario, bagnando il terreno delle vie di transito.

## DPI:

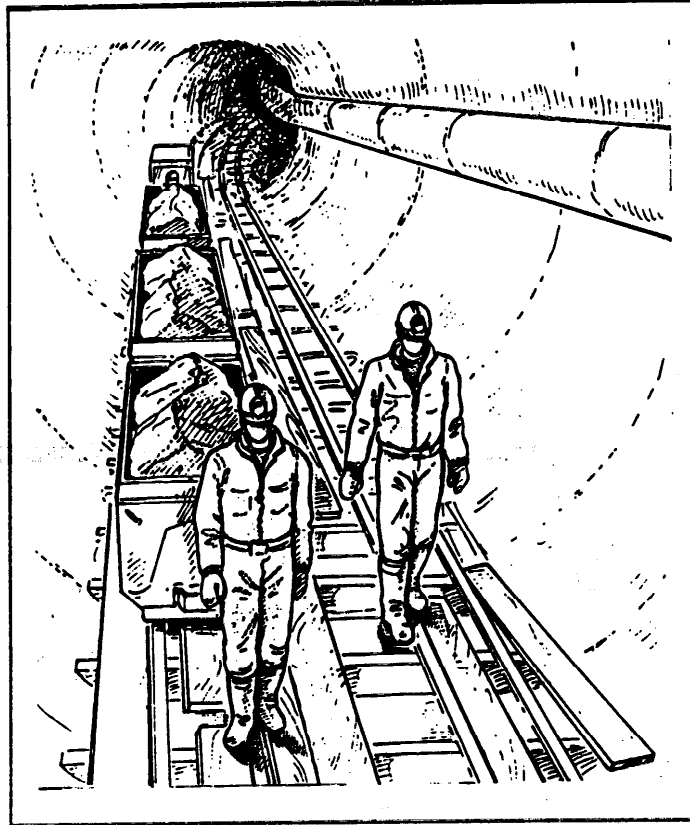
- calzature di sicurezza (scarpe o stivali);
- casco di protezione e relativa lampada;
- maschera antipolvere;
- abbigliamento da lavoro ad alta visibilità o abiti con fasce/inserti riflettenti.



## Analisi del lavoro e dei rischi

Fase: accesso al cantiere

Sottofase: circolazione di persone in presenza di trasporti su rotaia



### Analisi dei rischi:

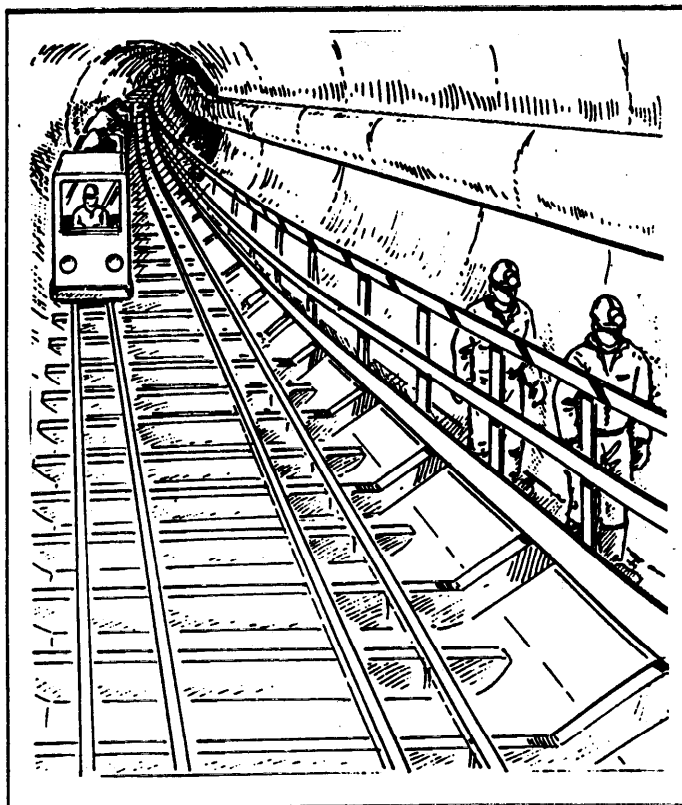
- investimento da parte dei mezzi in movimento;
- cadute dovute ad inciampi sulla via ferrata;
- cadute o scivolamenti dovuti alla irregolarità del terreno e/o presenza a terra di materiali vari;
- urti contro le irregolarità delle pareti;
- caduta di materiali dall'alto.

## Misure preventive:

- utilizzare i percorsi pedonali previsti per l'accesso al fronte di scavo;
- lasciare un fianco di almeno cm 70 oltre la sagoma d'ingombro del veicolo (nel caso in cui non risulti possibile devono essere predisposte nicchie a distanza non maggiore di 30 metri l'una dall'altra);
- comporre convogli con locomotore in testa;
- dotare i carrelli di dispositivi che impediscano l'accidentale rovesciamento della cassa;
- dotare il locomotore di dispositivi di illuminazione e di segnalatori acustici;
- agganciare i carrelli al locomotore mediante attacchi di sicurezza;
- eseguire regolare manutenzione ai freni del materiale rotabile;
- mantenere la via di transito libera da ostacoli;
- evitare la retromarcia dei convogli.

## DPI:

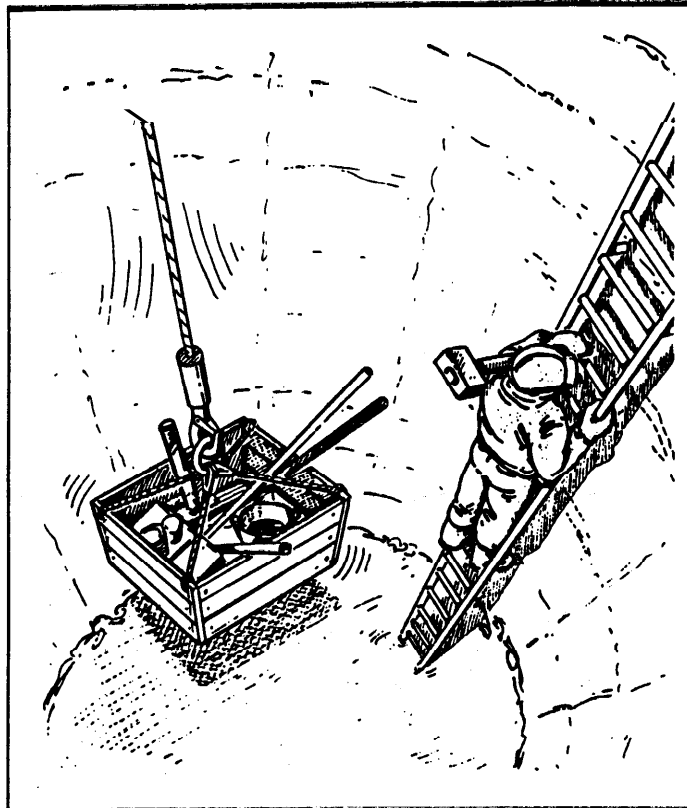
- calzature di sicurezza;
- casco di protezione e relativa lampada;
- abbigliamento da lavoro ad alta visibilità o abiti con fasce/inserti riflettenti.



## Analisi del lavoro e dei rischi

**Fase:** accesso al cantiere

**Sottofase:** accesso al posto di lavoro attraverso pozzi



### Analisi dei rischi:

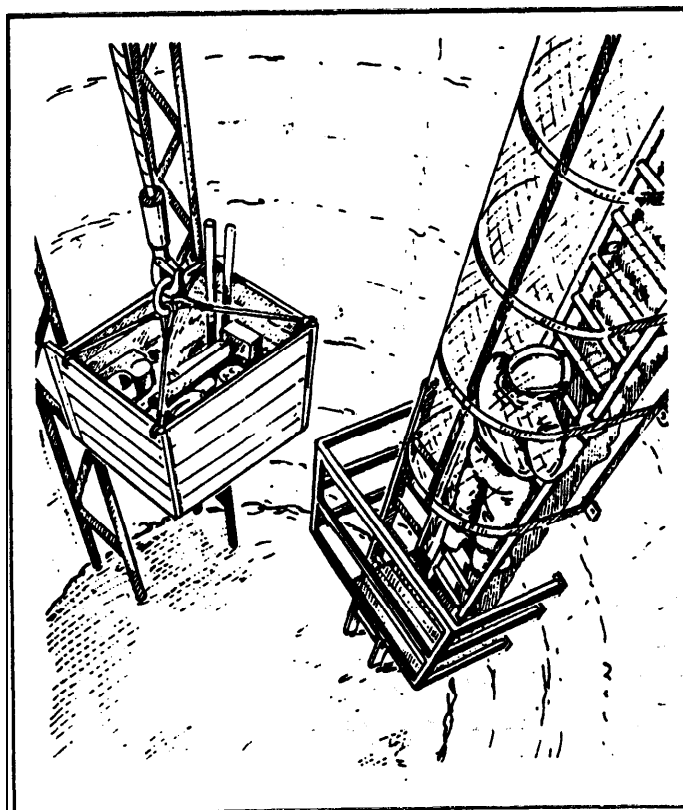
- cadute del personale nel vuoto;
- caduta di materiali dall'alto;
- investimento da parte dei mezzi di sollevamento.

### Misure preventive:

- usare scale fisse a pioli munite di gabbia;
- prevedere pianerottoli intermedi di riposo ogni 4 metri;
- separare il vano scala con diaframmi nel caso di perforazione dal basso verso l'alto;
- usare idonei sistemi di sollevamento sottoposti alle regolari verifiche periodiche previste;
- dotare i sistemi di sollevamento di arresto automatico in caso d'improvvisa mancanza della forza motrice. L'arresto deve essere graduale onde evitare eccessive sollecitazioni alle strutture;
- usare sistemi di sollevamento con guide;
- vietare la discesa contemporanea sulla scala fissa di più operatori aventi attrezzi manuali.

### DPI:

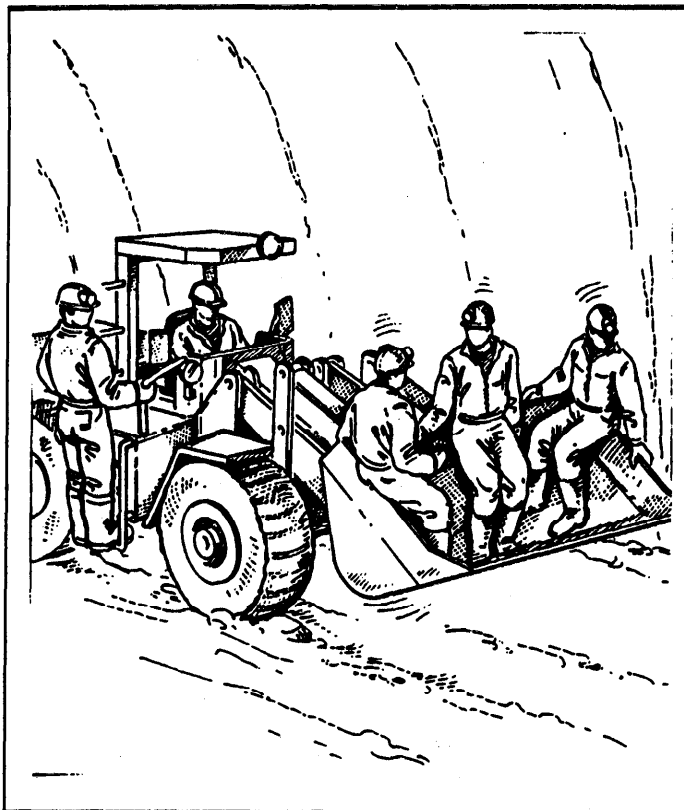
- calzature di sicurezza;
- casco di protezione e relativa lampada;
- guanti da lavoro.



## Analisi del lavoro e dei rischi

**Fase:** accesso al cantiere

**Sottofase:** trasporto personale



### Analisi dei rischi:

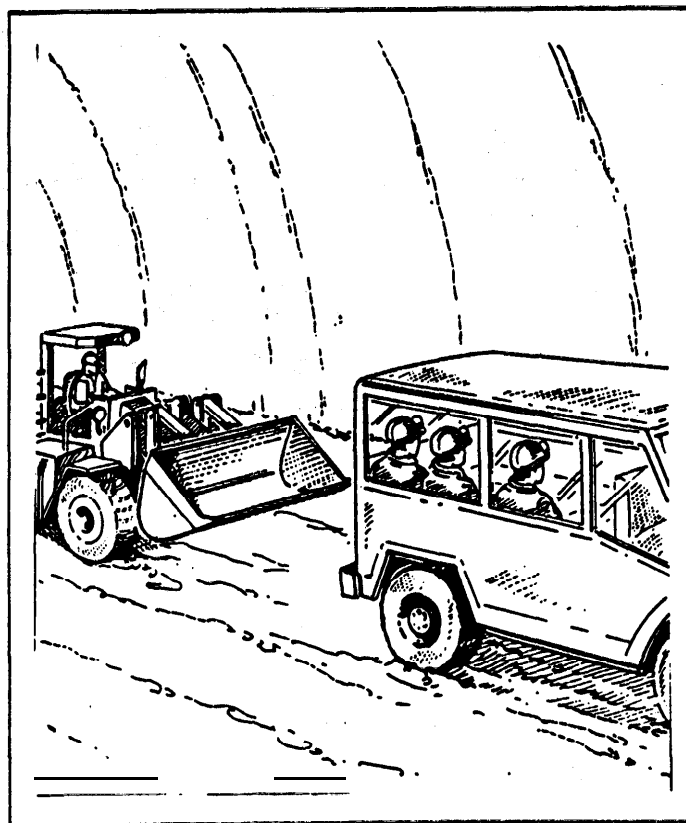
- investimento del personale causato da macchine in movimento;
- cadute durante la salita o la discesa del mezzo;
- cadute di materiali dall'alto;
- collisioni con altre macchine in movimento;
- urti contro ostacoli e/o irregolarità delle pareti;
- polveri.

### Misure preventive:

- utilizzare mezzi di trasporto idonei (muniti di sedili e tettoia);
- regolare l'accesso degli automezzi e delle macchine operatrici in sotterraneo;
- mantenere fra gli autoveicoli la distanza di sicurezza;
- mantenere in stato di scrupolosa efficienza l'illuminazione delle vie di transito;
- installare segnalazioni luminose di tutti gli ostacoli presenti nelle vie di transito;
- limitare la polverosità, se necessario, bagnando il terreno delle vie di transito.

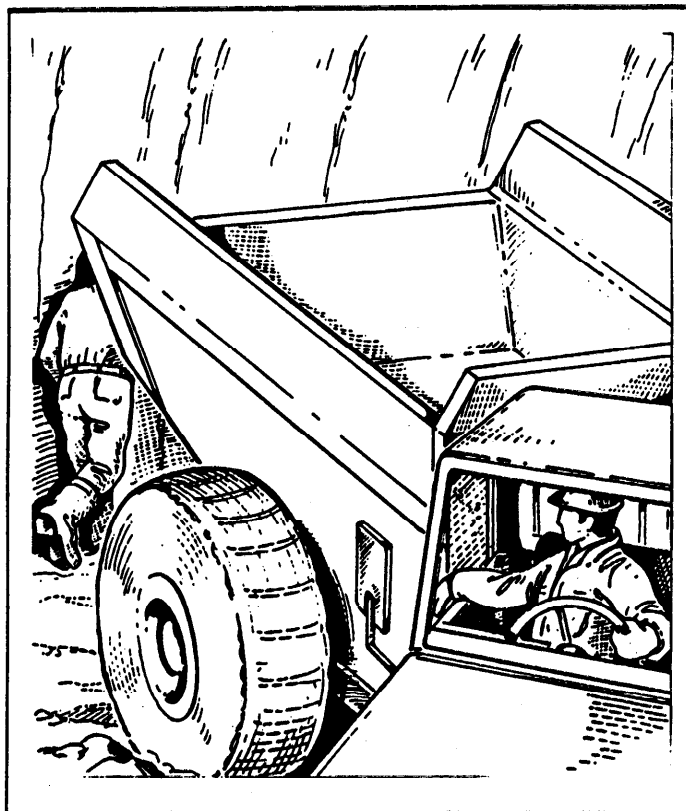
### DPI:

- calzature di sicurezza (scarpe o stivali);
- casco di protezione e relativa lampada;
- maschera antipolvere.



Fase: accesso al cantiere

Sottofase: manovre dei mezzi



Analisi dei rischi:

- investimento del personale da parte di mezzi in movimento;
- collisione fra mezzi e macchine operatrici;
- urti contro le irregolarità delle pareti;
- polveri;
- rumore.

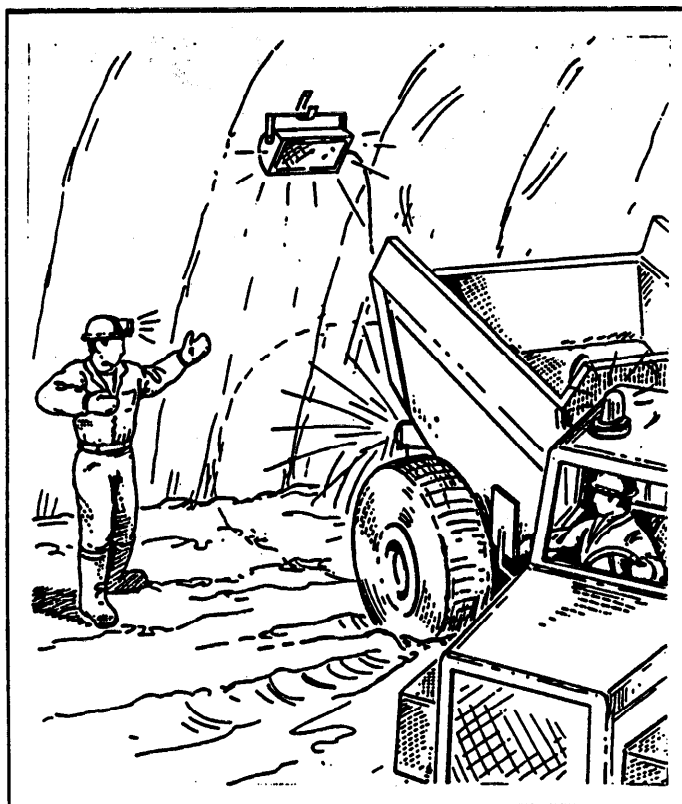


### Misure preventive:

- prevedere una zona libera da ostacoli dove i mezzi possano eseguire le manovre (es. inversione di marcia);
- illuminare adeguatamente la zona di manovra;
- predisporre, sulle macchine operatrici, idonei sistemi di illuminazione e di segnalazione per le manovre;
- prevedere a terra un operatore, in costante contatto visivo con il guidatore, per dirigere la manovra;
- predisporre, in caso di manovre di mezzi particolarmente ingombranti, uno schema tipo delle operazioni da compiere;
- informare tempestivamente il personale coinvolto anche indirettamente delle operazioni che si stanno svolgendo;
- regolare l'accesso dei mezzi in sotterraneo;
- limitare la polverosità, se necessario, bagnando il terreno nella zona di manovra;
- utilizzare mezzi con dispositivi di abbattimento dei gas di scarico;
- utilizzare mezzi conformi al D.Lgs 135/92 (limitazione del rumore prodotto);
- verificare l'uso di DPI in particolare da parte del personale addetto a dirigere la manovra.

### DPI:

- calzature di sicurezza (scarpe o stivali);
- casco di protezione e relativa lampada in dotazione personale;
- maschera antipolvere;
- abbigliamento da lavoro ad alta visibilità o abiti con fasce/inserti riflettenti;
- cuffia auricolare o inserti otoprotettivi.



Fase: lavori di scavo

Attività: perforazione manuale



Analisi dei rischi:

- proiezione di schegge;
- cadute;
- polveri;
- rumore;
- vibrazioni.

### Misure preventive:

- rendere facilmente accessibile la postazione di lavoro;
- rendere sicura la postazione di lavoro;
- posizionare correttamente il martello pneumatico;
- utilizzare martelli pneumatici dotati di sistemi di ammortizzamento delle vibrazioni;
- perforare ad umido o in alternativa dotare il martello pneumatico di un sistema di captazione delle polveri;
- usare i dispositivi di protezione personale in particolare gli occhiali di protezione e la cuffia auricolare o inserti otoprotettivi.

### DPI:

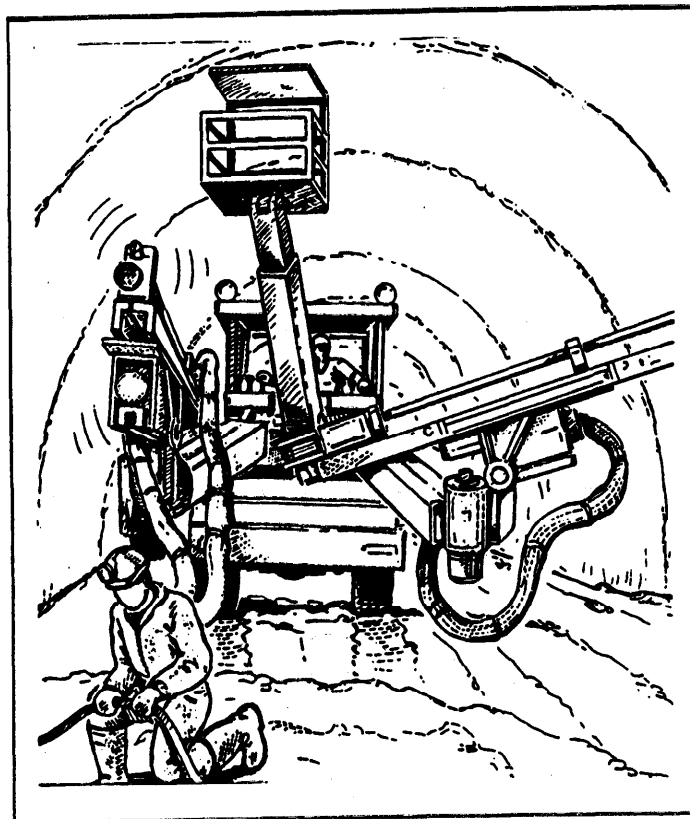
- casco di protezione e relativa lampada;
- calzature di sicurezza;
- schermo facciale per la protezione del volto;
- cuffia auricolare o inserti otoprotettivi;
- guanti da lavoro con rivestimento palmare per l'assorbimento delle vibrazioni.



## Analisi del lavoro e dei rischi

Fase: lavori di scavo

Attività: perforazione fori da mina con carri (jumbo)



Analisi dei rischi:

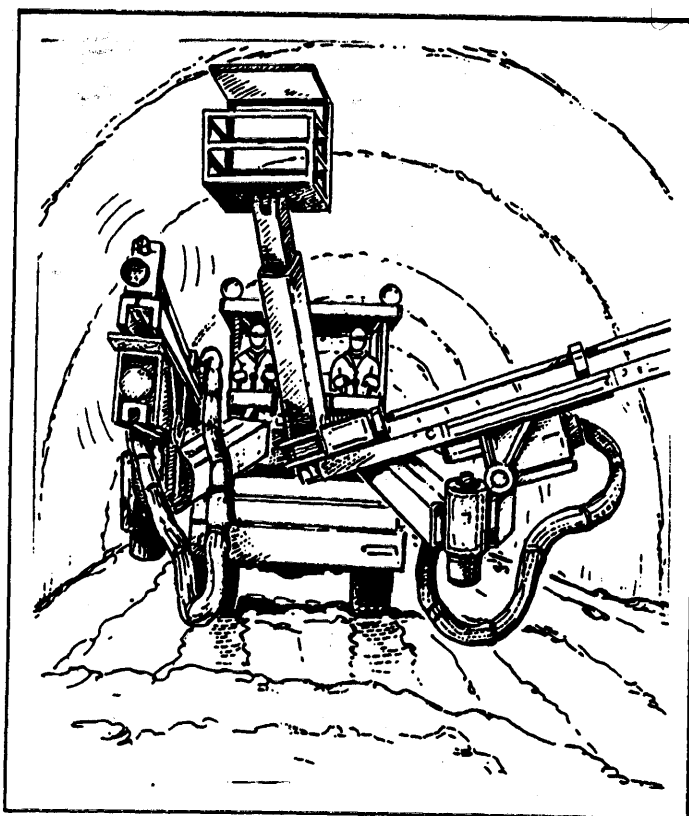
- investimenti da parte dei carri in movimento;
- collisione dei carri con altre macchine o con ostacoli fissi;
- proiezione di schegge;
- distacco di materiali dall'alto;
- polveri;
- rumore.

### Misure preventive:

- vietare al personale di entrare nel raggio di azione della macchina;
- utilizzare segnalatori luminosi durante il movimento della macchina;
- segnalare con dispositivi luminosi gli ostacoli fissi;
- utilizzare carri di perforazione con cabine di protezione idonee contro la caduta di oggetti dall'alto;
- eseguire la perforazione delle mine ad umido o con dispositivi di aspirazione delle polveri;
- utilizzare i dispositivi di protezione personale.

### DPI:

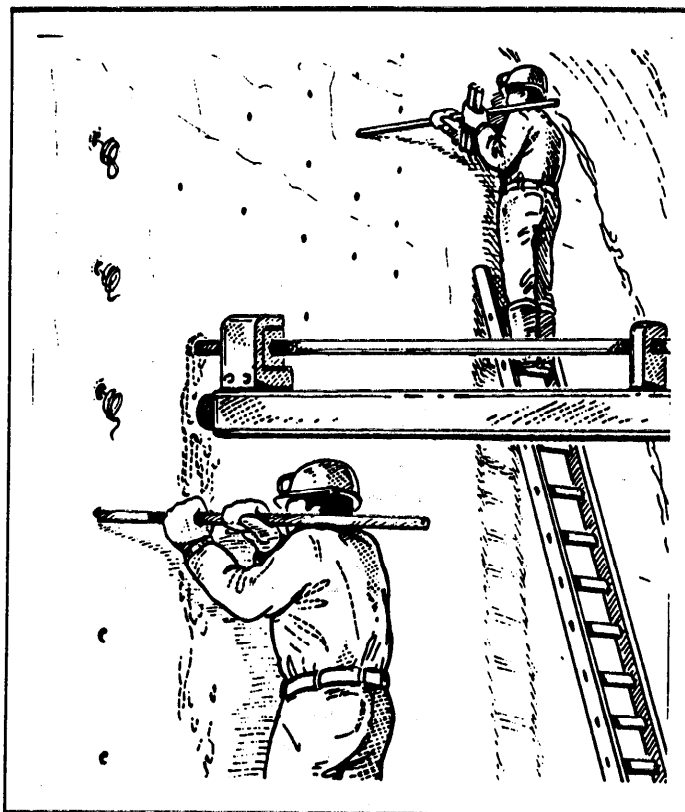
- casco di protezione e relativa lampada;
- cuffia auricolare o inserti otoprotettivi;
- abbigliamento da lavoro ad alta visibilità o abiti con fasce/inserti riflettenti.



## Analisi del lavoro e dei rischi

Fase: lavori di scavo

Attività: preparazione delle mine



### Analisi dei rischi:

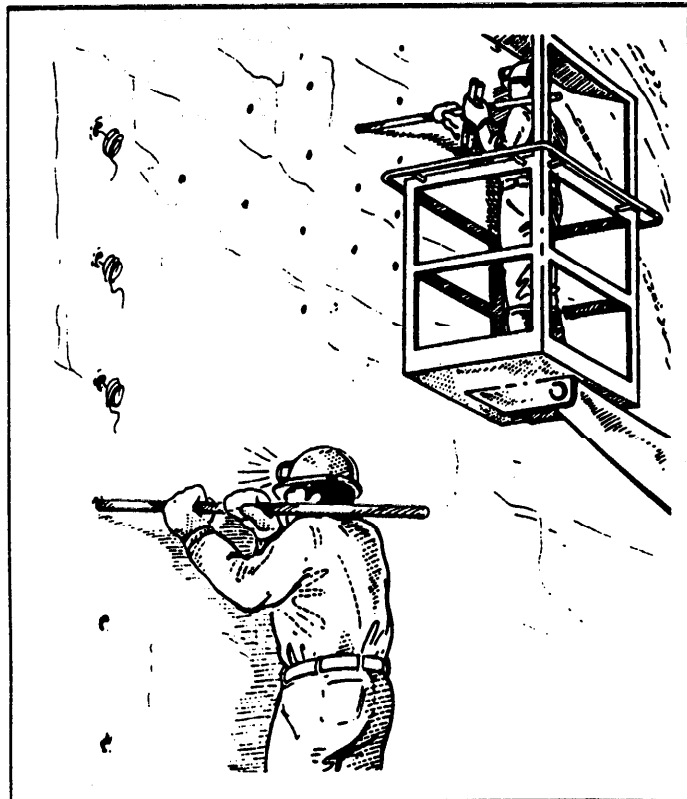
- esplosioni ed investimento dell'onda d'urto;
- proiezione di materiale;
- urti ed investimenti del personale causato dai mezzi in azione;
- caduta dall'alto;
- caduta di materiale dall'alto.

### Misure preventive:

- vietare di riprendere i fondelli o i culacci residuati da precedenti colpi;
- contrassegnare con cunei di legno o con altri mezzi i fondelli o i culacci, in modo che i nuovi fori vengano eseguiti ad una certa distanza;
- pulire e controllare i fori immediatamente prima di procedere al caricamento degli stessi;
- iniziare il caricamento dei fori quando sono state ultimate le operazioni di perforazione dell'intera volata;
- allontanare a distanza di sicurezza il personale non addetto alla operazione di caricamento;
- utilizzare solamente l'esplosivo strettamente necessario;
- utilizzare, per infilare le cartucce nel foro, il calcatoio regolamentare;
- il calcatoio deve essere di legno o di materiale antiscintille e di diametro compatibile con il foro;
- separare le operazioni di perforazione da quelle di caricamento per evitare, oltre possibili inneschi esplosivi, urti od investimenti del personale da parte dei mezzi di perforazione;
- utilizzare idonee piattaforme di lavoro provviste di solida protezione contro la caduta di materiali dall'alto e di parapetto normale;
- verificare l'uso di DPI da parte di tutto il personale operante;
- informare il personale sui rischi specifici dell'attività svolta.

### DPI:

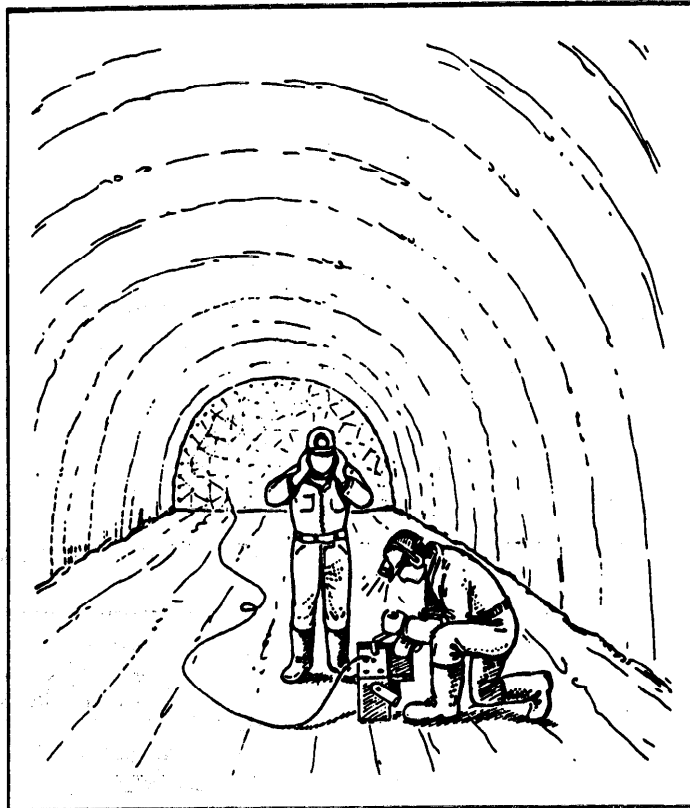
- casco di protezione e relativa lampada;
- calzature di sicurezza;
- abbigliamento da lavoro ad alta visibilità o abiti con fasce/inserti riflettenti.



## Analisi del lavoro e dei rischi

**Fase:** lavori di scavo

**Attività:** brillamento delle volate



### Analisi dei rischi:

- proiezione di rocce e schegge;
- sovrappressioni;
- rumore;
- gas tossici;
- polveri.



## Misure preventive:

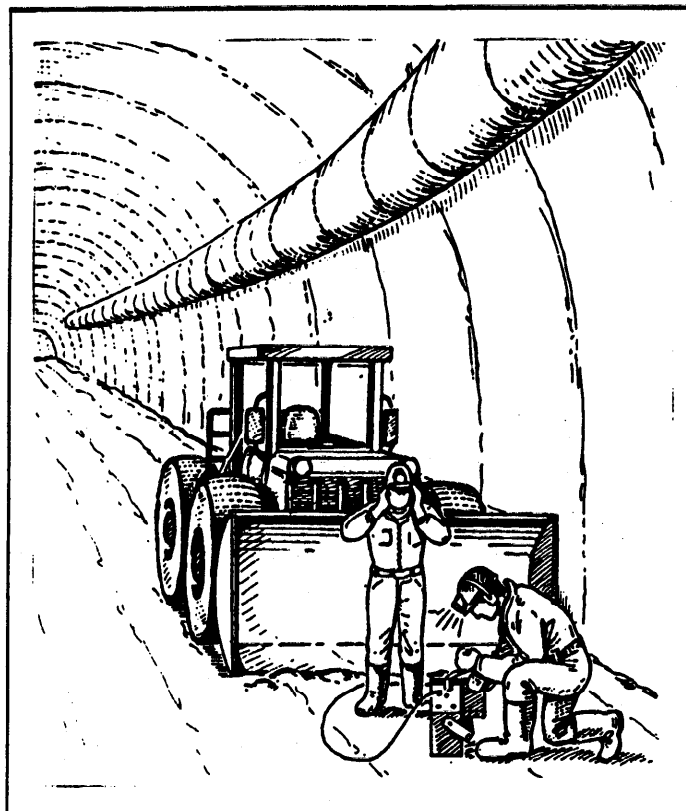
**Considerata l'importanza della materia in termini di sicurezza, la presente trattazione dell'argomento non è da considerarsi esaustiva.**

**Si rimanda, pertanto, alla letteratura specialistica.**

- allontanare a distanza di sicurezza il personale non addetto all'accensione;
- utilizzare come protezione contro le schegge idonei ripari;
- allontanare e depositare in idoneo luogo tutti gli esplosivi ed accessori da mina eventualmente residuati dopo il caricamento;
- allontanare dal fronte di scavo tutti i macchinari e gli attrezzi eventualmente impiegati per il caricamento;
- avvertire acusticamente, con segnale riconoscibile dal personale, quando s'iniziano le operazioni di brillamento;
- verificare che tutto il personale normalmente addetto al fronte sia dietro idonei ripari posti ad una distanza di sicurezza;
- predisporre, in caso di brillamento con detonatori elettrici, ogni misura precauzionale per evitare i pericoli che possono derivare da eventuali fenomeni elettrici o elettromagnetici sia di origine atmosferica, sia dovuti a correnti sotterranee disperse o alla vicinanza di linee elettriche;
- sezionare l'impianto elettrico entrante in galleria, porlo in corto circuito e collegarlo elettricamente a terra (fuori dalla galleria) prima d'introdurre nei fori da mina le cartucce con i detonatori elettrici;
- utilizzare, nel caso di brillamento elettrico, detonatori ad alta intensità AI;
- affrontare, in caso di brillamento elettrico, un idoneo sistema di comunicazioni interno/esterno galleria per sospendere i lavori in caso di manifestazioni temporalesche;
- garantire l'illuminazione del fronte o con fari elettrici, alimentati da generatori ad aria compressa o da accumulatori o con lampade portatili non a fiamma libera;
- collegare elettricamente a terra, fuori dalla galleria, tutte le masse metalliche con dispersori a piccolissima resistenza;
- attendere, prima di autorizzare l'ingresso in galleria al personale, almeno 15 minuti dopo aver udito l'ultimo sparo (attendere 30-60 minuti in caso di dubbio);
- autorizzare, in caso di dubbio sull'avvenuta esplosione di qualche mina, l'accesso soltanto al fochino per un attento controllo del fronte di scavo;
- provvedere ad immediata ventilazione dopo il brillamento delle mine e verificare il diradamento delle polveri e dei fumi dopo l'esplosione;
- controllare, dopo ogni volata, le pareti e la volta dello scavo;
- rendere edotto il responsabile del turno successivo sulle mine sparate e/o sullo stato di stabilità del fronte di scavo, della calotta e delle pareti;
- ispezionare, con personale addetto, il marino per verificare l'eventuale presenza nel materiale abbattuto di residui di esplosivo;
- verificare l'uso di DPI da parte di tutto il personale operante;
- informare il personale sui rischi specifici dell'attività svolta.

## DPI:

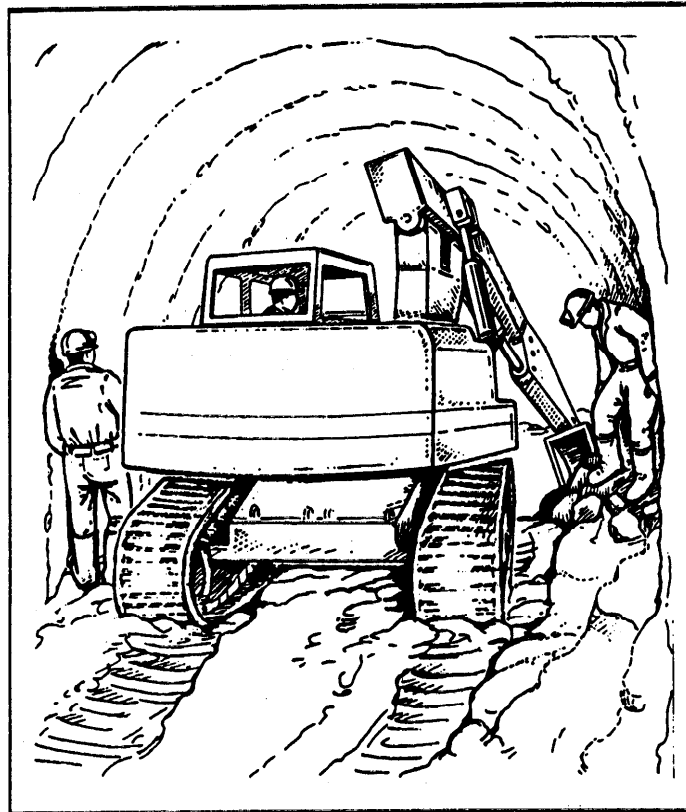
- casco di protezione e relativa lampada;
- calzature di sicurezza;
- abbigliamento da lavoro ad alta visibilità o abiti con fasce/inserti riflettenti;
- cuffie auricolari o inserti otoprotettivi;
- maschera antipolvere.



## Analisi del lavoro e dei rischi

**Fase:** lavori di scavo

**Attività:** abbattimento e rimozione dal fronte di scavo materiale con escavatori



### Analisi dei rischi:

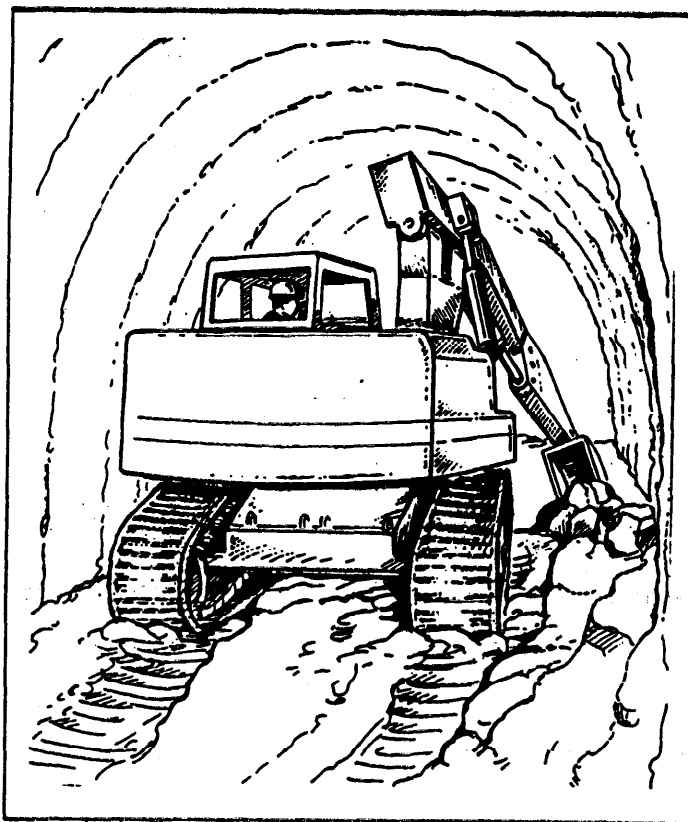
- investimento del personale causato dagli escavatori in movimento e/o dalla benna;
- collisione degli escavatori con altre macchine o con ostacoli fissi;
- polveri;
- gas di scarico;
- rumore;
- cadute o scivolamenti durante la salita o la discesa del mezzo.

## Misure preventive:

- vietare al personale di entrare nel raggio di azione dell'escavatore;
- spegnere il motore del mezzo prima di scendere ed usare l'apposita scaletta o altro sistema equivalente;
- vietare il trasporto di terze persone sulle macchine operatrici in movimento;
- bagnare il materiale da rimuovere in caso di polverosità;
- segnalare con dispositivi luminosi gli ostacoli fissi;
- utilizzare escavatori con cabine di protezione idonee contro la caduta di oggetti dall'alto;
- utilizzare escavatori con filtrazione dell'aria della cabina e/o idonei sistemi di difesa dalle polveri;
- utilizzare escavatori con dispositivi di abbattimento dei gas di scarico;
- utilizzare escavatori conformi al DLgs 135/92 (limitazione del rumore prodotto);
- spegnere il motore quando la macchina non è utilizzata.

## DPI:

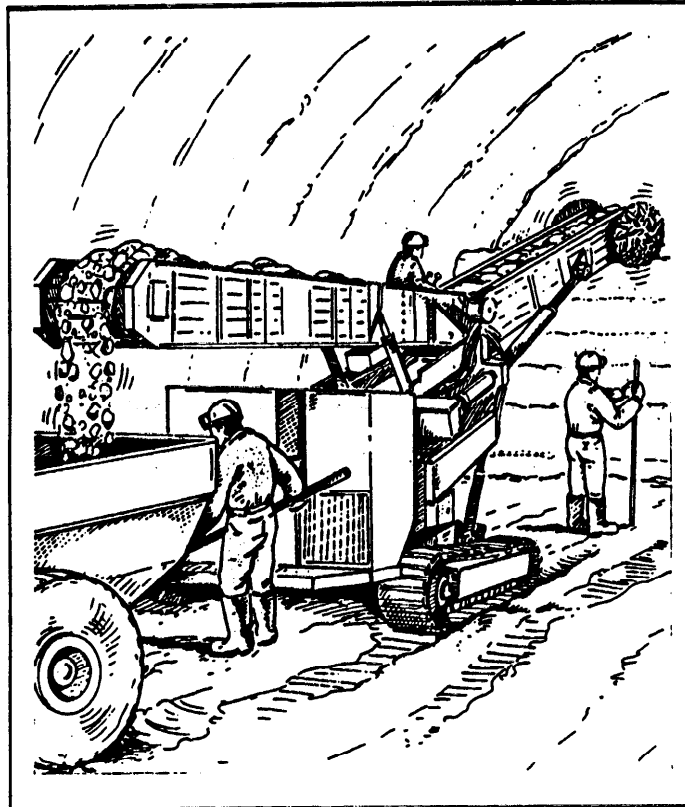
- casco di protezione e relativa lampada;
- abbigliamento da lavoro ad alta visibilità o abiti con fasce/inserti riflettenti;
- cuffie auricolari o inserti ottoprotettivi;
- maschera antipolvere.



## Analisi del lavoro e dei rischi

**Fase:** lavori di scavo

**Attività:** abbattimento e rimozione dal fronte di scavo con fresa puntuale



**Analisi dei rischi:**

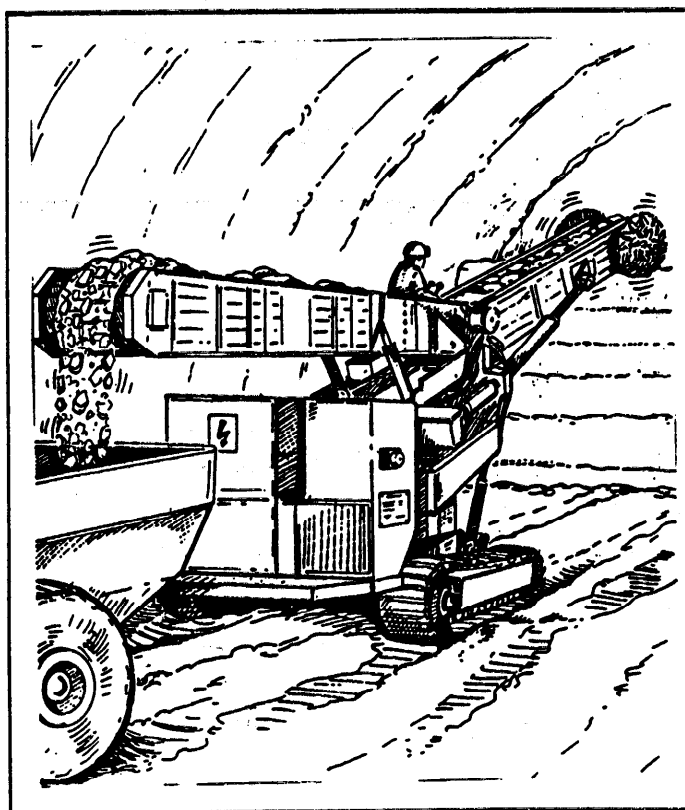
- investimento del personale causato dai mezzi in movimento;
- collisione delle macchine operatrici con altri mezzi;
- proiezione di materiale abbattuto;
- cadute di materiale dall'alto;
- polvere
- gas di scarico;
- rumore.

## Misure preventive:

- vietare al personale di entrare nel raggio d'azione delle macchine;
- impedire l'accesso alla zona di scarico del materiale abbattuto;
- installare sulle macchine idonei dispositivi di protezione contro la caduta di materiale dall'alto;
- installare interruttori di blocco d'emergenza della macchina in posizioni visibili e facilmente accessibili;
- utilizzare macchine con dispositivi di filtrazione dell'aria in cabina o provvedere all'abbattimento ad umido;
- utilizzare macchine con dispositivi di abbattimento dei gas di scarico;
- utilizzare macchine provviste di dispositivi di abbattimento del rumore;
- utilizzare gli appositi sistemi per la salita e la discesa del mezzo;
- dotare la macchina di idonei dispositivi di segnalazione luminosa.

## DPI:

- casco di protezione e relativa lampada;
- abbigliamento da lavoro ad alta visibilità o abiti con fasce/inserti riflettenti;
- cuffia auricolare o inserti otoprotettivi;
- maschera antipolvere.



## Analisi del lavoro e dei rischi

**Fase:** lavori di scavo

**Attività:** abbattimento e rimozione con macchine a piena sezione. Operazioni di manutenzione

*di seguito sono riportate le attività principali e i rischi associati.*



### Analisi dei rischi:

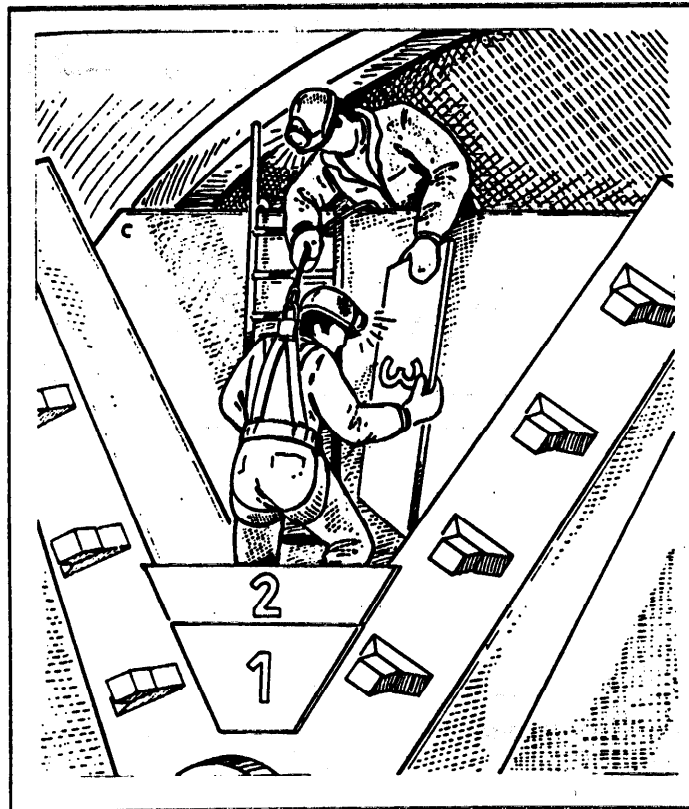
- cadute dall'alto;
- investimento di materiale caduto dall'alto;
- schiacciamenti agli arti superiori.

## Misure preventive:

- verificare, prima dell'intervento, lo stato d'integrità della roccia di calotta;
- rendere facilmente accessibile il punto d'intervento con idonee scale;
- indossare le cinture di sicurezza fissate a sicuri sistemi di ancoraggio;
- prevedere corrette procedure di montaggio degli elementi delle macchine da scavo a piena sezione;
- eseguire le operazioni di sostituzione dei denti con personale specializzato.

## DPI:

- cintura di sicurezza con bracciali e gambali;
- casco di protezione e relativa lampada;
- guanti da lavoro;
- calzature di sicurezza;
- abbigliamento da lavoro ad alta visibilità o abiti con fasce/inserti riflettenti.



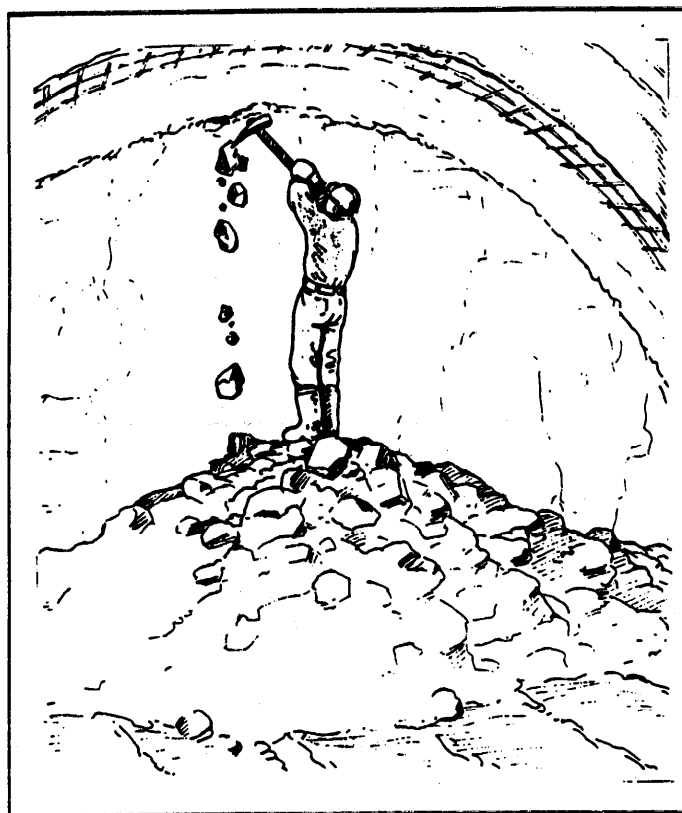


---

## Analisi del lavoro e dei rischi

Fase: consolidamento

Attività: disgaggio



### Analisi dei rischi:

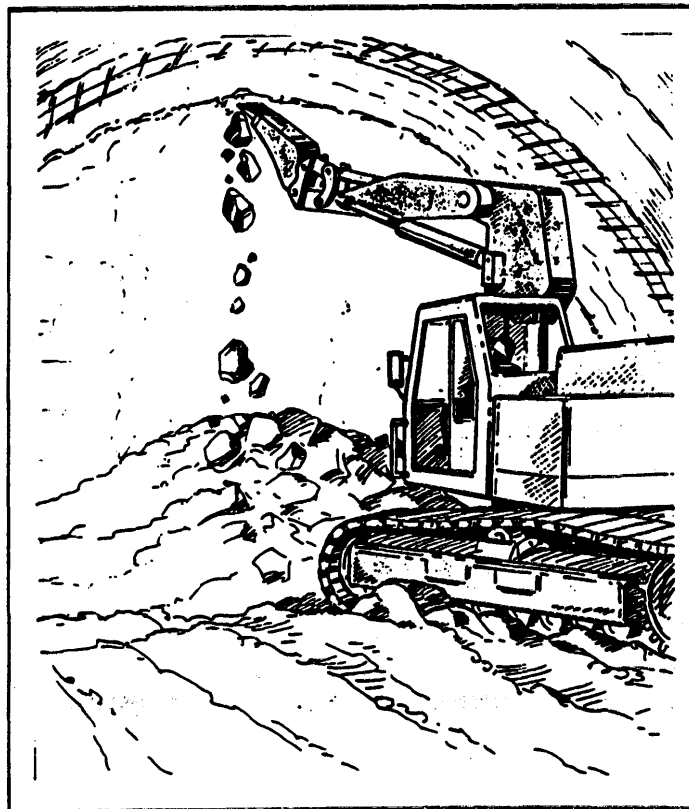
- caduta di materiali dall'alto;
- proiezione di schegge;
- investimento del personale causato da mezzi in movimento;
- polveri.

### Misure preventive:

- vietare al personale di entrare nel raggio di azione della macchina;
- prevedere in caso di roccia molto fratturata un disgaggio meccanizzato;
- vietare l'esecuzione manuale diretta dei lavori di disgaggio;
- utilizzare idonee piattaforme di lavoro provviste di solida protezione contro la caduta di materiale dall'alto e di parapetto normale;
- mantenere una distanza di sicurezza dal fronte e dalla volta;
- prevedere l'abbattimento delle polveri con acqua.

### DPI:

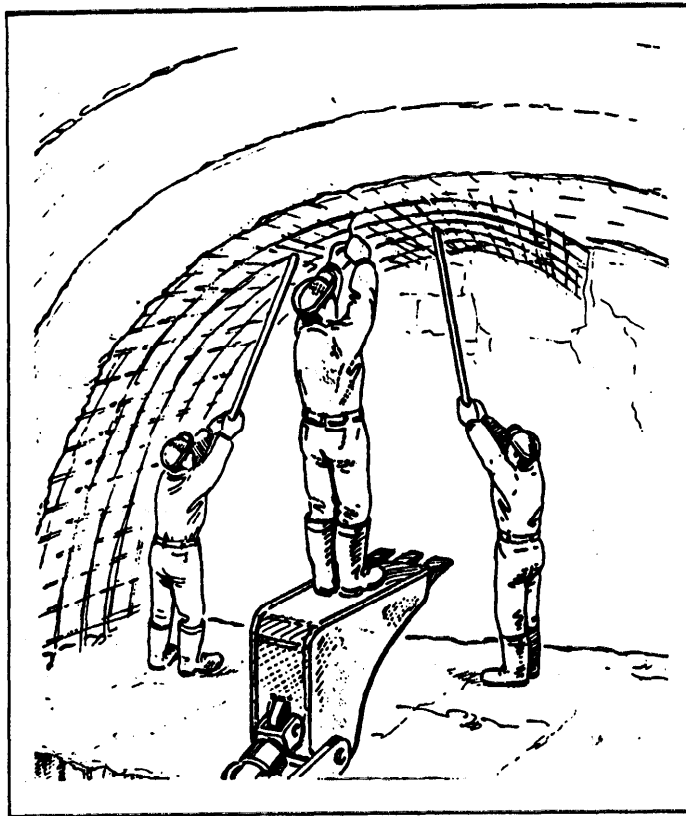
- casco di protezione e relativa lampada;
- calzature di sicurezza;
- occhiali di protezione;
- guanti da lavoro;
- maschera antipolvere.



## Analisi del lavoro e dei rischi

Fase: consolidamento

Attività: posa delle reti di armatura



### Analisi dei rischi:

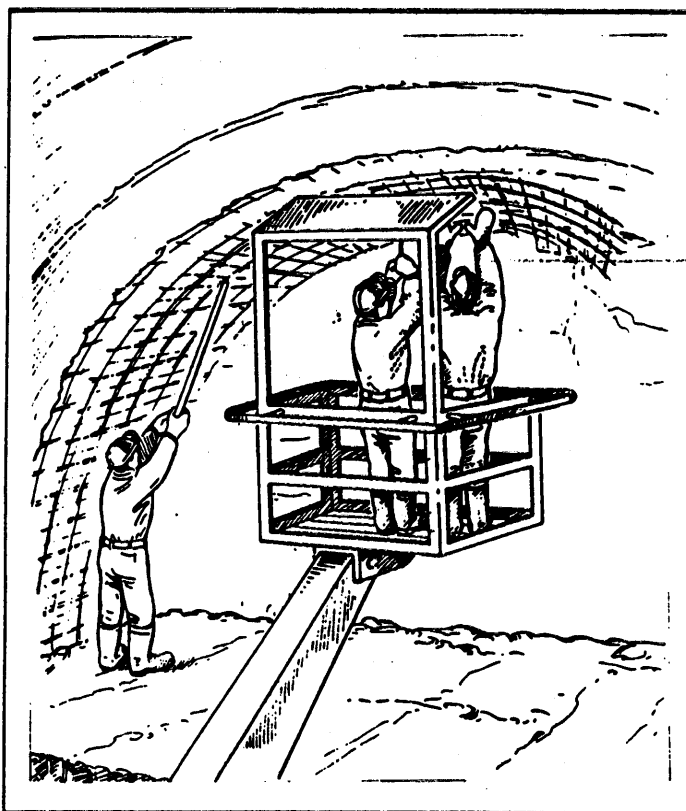
- caduta del personale dall'alto;
- distacco di materiali dall'alto;
- investimenti del personale causato dal mezzo;
- ferite da taglio;
- rumore.

### Misure preventive:

- utilizzare idonee piattaforme di lavoro provviste di solida protezione contro la caduta di materiali dall'alto e di parapetto normale;
- vietare al personale di entrare nel raggio di azione della macchina;
- utilizzare i dispositivi di protezione personale (in particolare i guanti da lavoro);
- utilizzare macchine conformi al DLgs 135/92 (limitazione del rumore prodotto);
- verificare l'uso di DPI da parte del personale addetto;
- informare il personale sui rischi specifici dell'attività svolta.

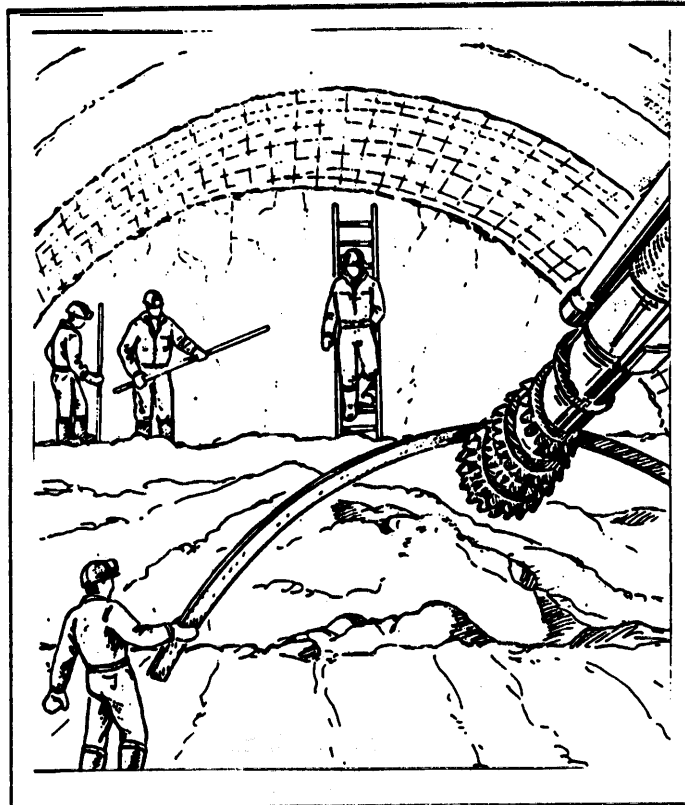
### DPI:

- casco di protezione e relativa lampada;
- guanti da lavoro;
- calzature di sicurezza;
- cuffie auricolari o inserti otoprotettivi.



Fase: consolidamento

Attività: posa delle centine



Analisi dei rischi:

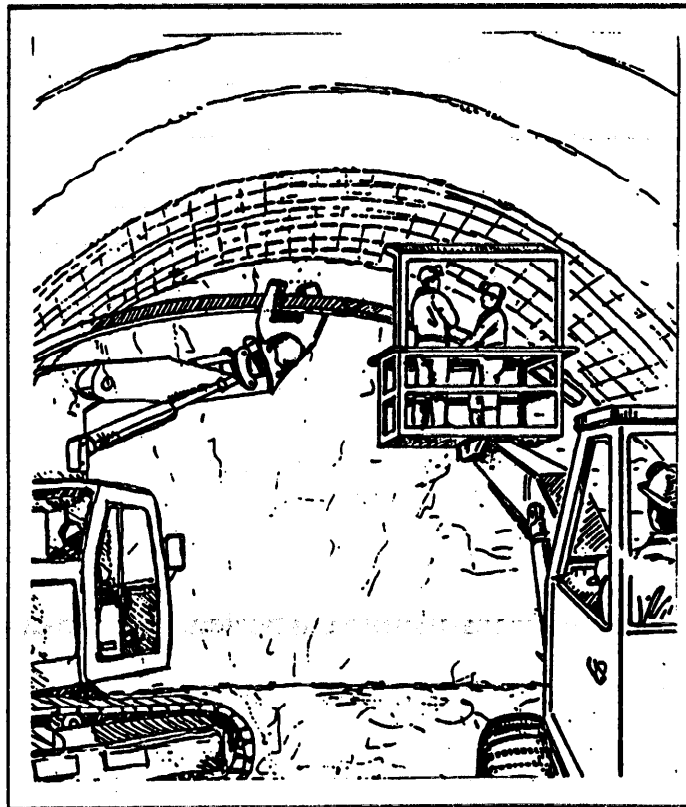
- investimento del personale causato da mezzi in movimento e/o dalle oscillazioni delle centine;
- cadute del personale dall'alto;
- cadute delle centine;
- schiacciamenti delle dita e mani durante il posizionamento della centina;
- rumore.

### Misure preventive:

- vietare al personale di entrare nel raggio di azione delle macchine operatrici e dei carichi sospesi;
- utilizzare per il sollevamento delle centine idonei mezzi;
- utilizzare idonee piattaforme di lavoro provviste di solida protezione contro la caduta di materiali dall'alto e di parapetto normale;
- utilizzare mezzi di sollevamento conformi al DLgs 135/92 (limitazione del rumore prodotto);
- verificare l'uso dei DPI da parte di tutto il personale operante;
- informare il personale sui rischi specifici dell'attività svolta.

### DPI:

- casco di protezione e relativa lampada;
- calzature di sicurezza;
- guanti da lavoro;
- abbigliamento da lavoro ad alta visibilità o con fasce/inserti riflettenti;
- cuffie auricolari o inserti otoprotettivi.



## Analisi del lavoro e dei rischi

Fase: consolidamento

Attività: preparazione spritz-beton



### Analisi dei rischi:

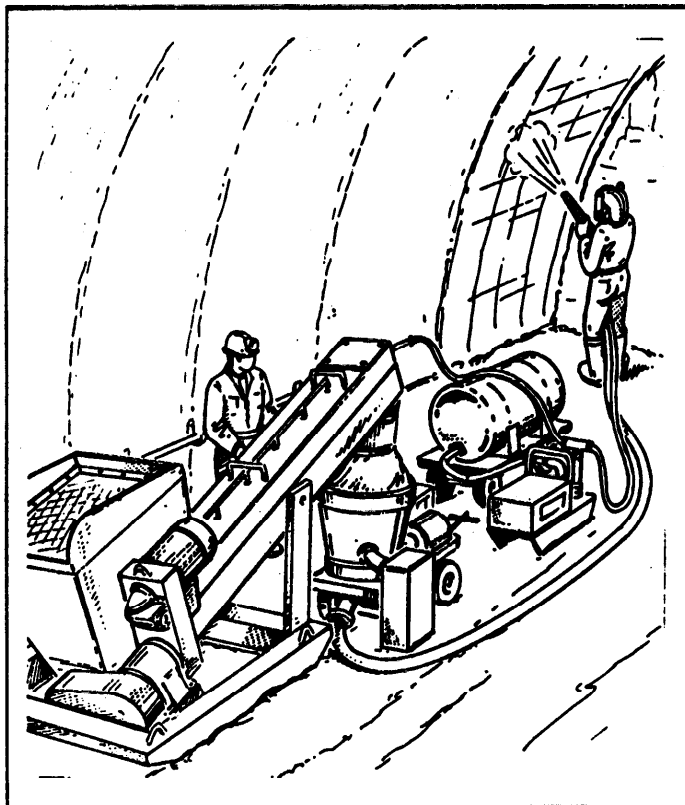
- cadute e/o scivolamenti nel raggiungere la postazione di lavoro;
- schiacciamento e/o trascinamento dovuti ad organi in movimento (rulli, nastri trasportatori);
- colpo di frusta, dovuto alla rottura e/o disinnescio accidentale di tubi in pressione;
- polveri;
- rumore.

## Misure preventive:

- predisporre idonea postazione facilmente raggiungibile ed in zona già rivestita;
- caratterizzare gli organi in movimento rettilineo o in rotazione dei sistemi di trasporto e miscelazione;
- ancorare alle macchine e/o a terra, con idonei dispositivi (calze), i tubi in pressione;
- prevedere un impianto a tenuta di polvere;
- utilizzare additivi non polverulenti;
- attuare gli interventi tecnici (organizzativi e procedurali) concretamente attuabili per limitare l'esposizione a rumore;
- verificare l'uso costante dei DPI da parte di tutto il personale operante;
- informare il personale sui rischi specifici dell'attività svolta.

## DPI:

- casco di protezione e relativa lampada;
- maschera antipolvere;
- occhiali di protezione;
- tute e guanti di protezione;
- calzature di sicurezza;
- cuffia auricolare o inserti otoprotettivi.





**Fase:** consolidamento

**Attività:** rivestimento con spritz-beton



**Analisi dei rischi:**

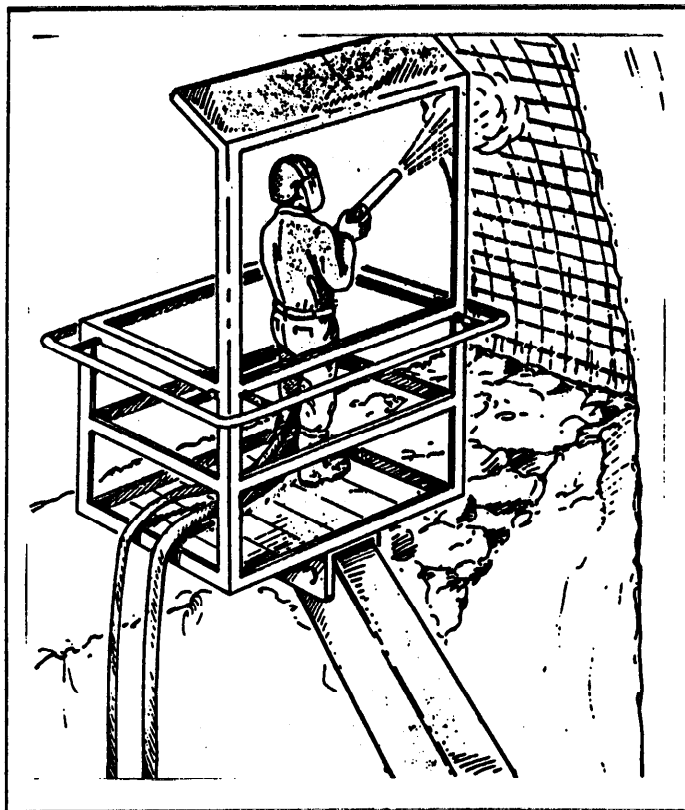
- cadute (dall'alto) e/o scivolamenti nel raggiungere la postazione di lavoro;
- proiezione di materiale;
- investimento da parte del braccio meccanico (nel caso di utilizzo di attrezzature telecomandate);
- polvere.

### Misure preventive:

- utilizzare idonee piattaforme provviste di solido tettuccio di protezione e di parapetto normale;
- vietare al personale di entrare nella zona dove viene proiettato lo spritz-beton;
- verificare l'uso costante dei DPI da parte di tutto il personale operante;
- informare il personale sui rischi specifici dell'attività svolta.

### DPI:

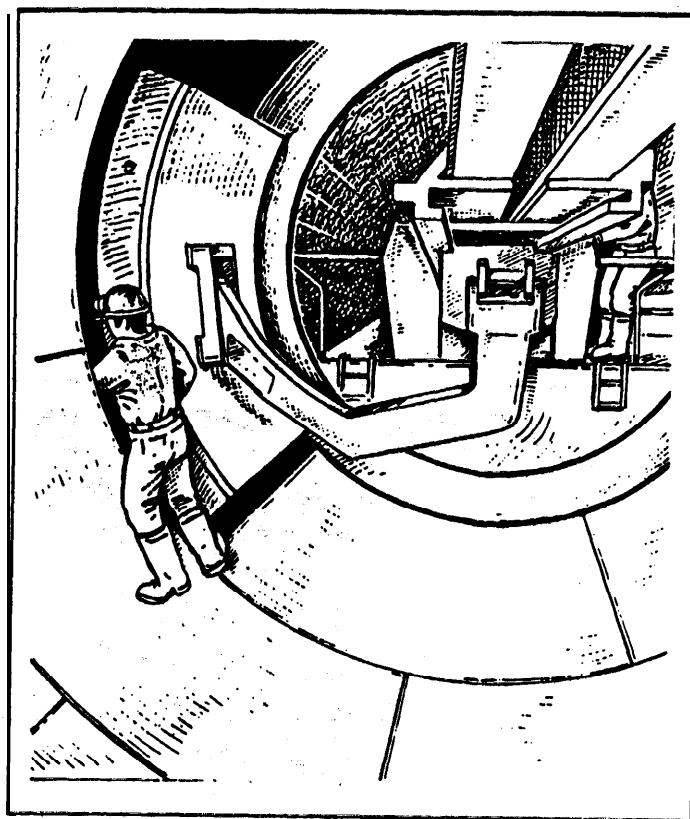
- casco di protezione e relativa lampada;
- schermo e maschera antipolvere;
- tuta di protezione.



## Analisi del lavoro e dei rischi

**Fase:** consolidamento

**Attività:** installazione dei conci prefabbricati



**Analisi dei rischi:**

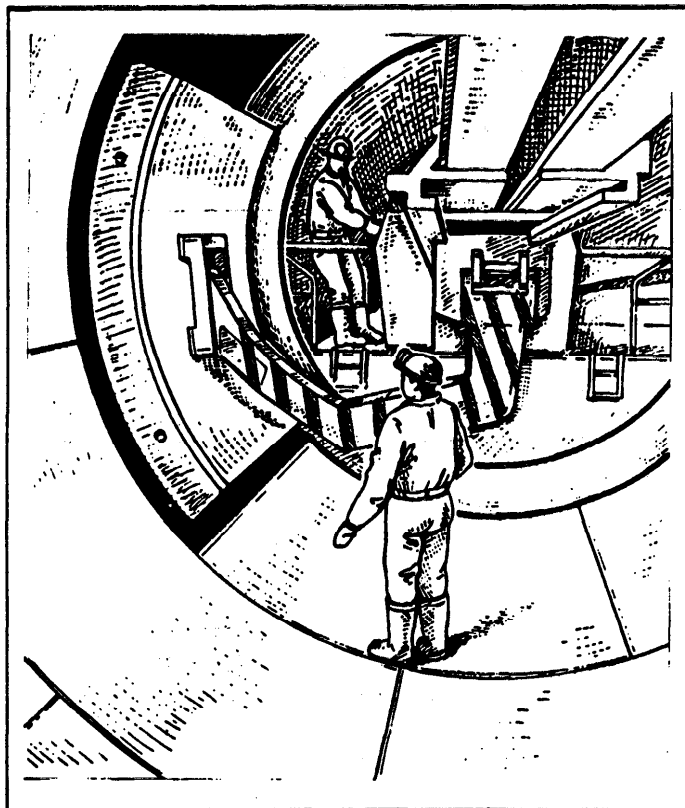
- investimento del personale causato dai conci sollevati;
- schiacciamenti arti superiori ed inferiori.

### Misure preventive:

- vietare al personale di entrare nella zona di movimentazione dei conci;
- mantenere il contatto visivo fra manovratore ed operatore;
- controllare la correttezza delle procedure d'installazione degli elementi di consolidamento;
- informare il personale sui rischi specifici dell'attività svolta;
- verificare l'uso costante dei DPI da parte di tutto il personale operante.

### DPI:

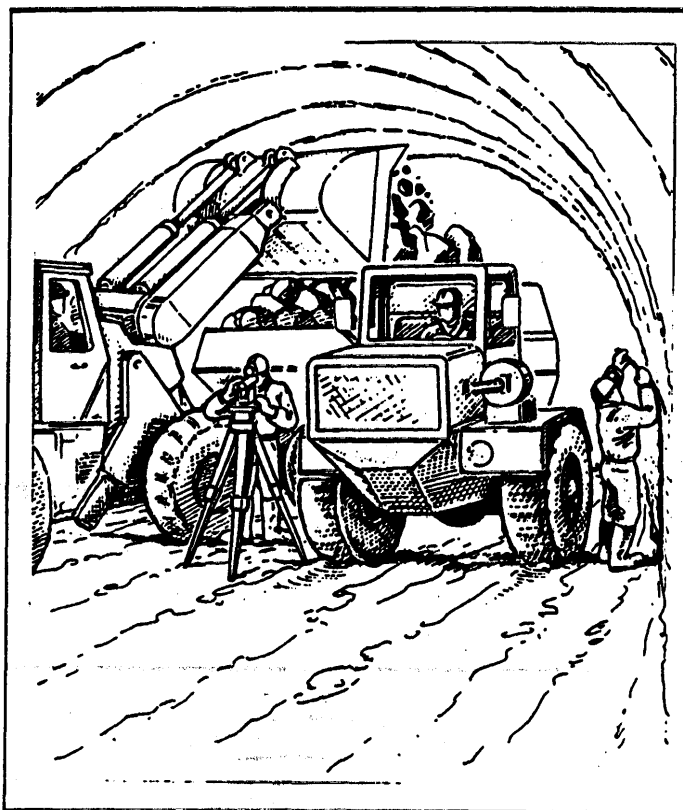
- casco di protezione e relativa lampada;
- calzature di sicurezza;
- guanti la lavoro;
- abbigliamento da lavoro ad alta visibilità o con fasce/inserti riflettenti.



## Analisi del lavoro e dei rischi

**Fase:** rimozione materiale (smarino)

**Sottofase:** caricamento materiale scavato



**Analisi dei rischi:**

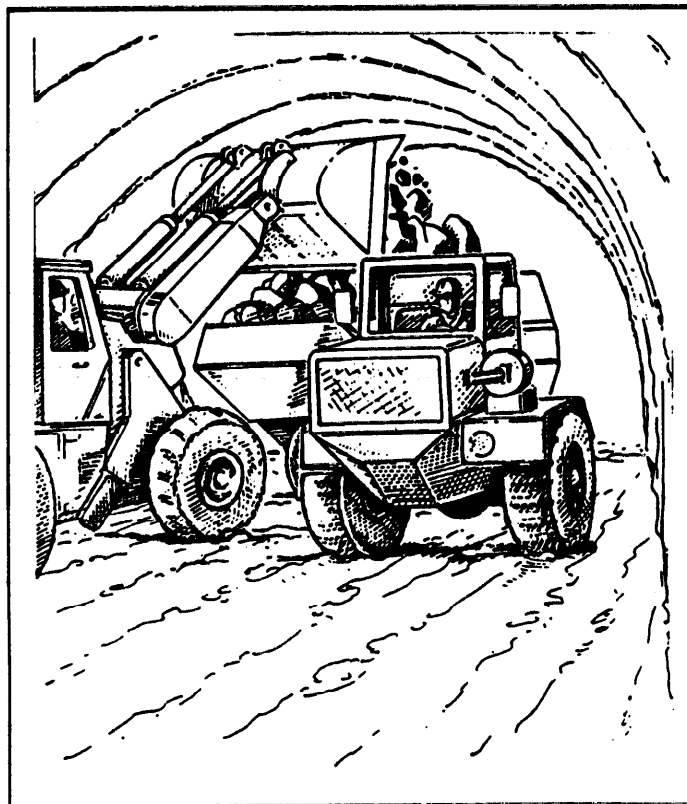
- investimento del personale causato da macchine in movimento;
- cadute di materiali dall'alto;
- collisioni fra macchine operatrici in movimento
- polveri;
- rumore.

## Misure preventive:

- regolare l'accesso delle macchine operatrici in sotterraneo;
- vietare di eseguire più operazioni sul fronte di scavo contemporaneamente;
- vietare al personale di entrare nel raggio di azione dell'escavatore;
- bagnare il materiale da rimuovere in caso di polverosità;
- segnalare con dispositivi luminosi gli ostacoli fissi;
- utilizzare mezzi con cabine di protezione idonee contro la caduta di oggetti; dall'alto;
- utilizzare mezzi con dispositivi di filtrazione dell'aria della cabina e/o idonei sistemi di difesa dalle polveri;
- utilizzare mezzi con dispositivi di abbattimento dei gas di scarico;
- utilizzare mezzi conformi al DLgs 135/92 (limitazione del rumore prodotto);
- spegnere il motore quando la macchina non è utilizzata;
- vietare di far salire o scendere il personale sui mezzi in movimento;
- verificare l'utilizzo dei dispositivi di protezione personale.

## DPI:

- calzature di sicurezza (scarpe o stivali);
- casco di protezione e relativa lampada;
- abbigliamento da lavoro ad alta visibilità o abiti con fasce/inserti riflettenti;
- maschera antipolvere.



## Analisi del lavoro e dei rischi

Fase: rimozione materiale (smarino)

Sottofase: trasporto materiale scavato



Analisi dei rischi:

- investimento del personale causato dai mezzi in movimento;
- investimento di materiali caduti dai cassoni;
- collisioni fra mezzi in movimento;
- polveri;
- rumore.

## Misure preventive:

- regolare l'accesso dei mezzi in sotterraneo;
- segnalare con dispositivi luminosi e con cartelli monitori l'area di transito dei mezzi;
- caricare il materiale da trasportare non oltre il bordo del cassone;
- utilizzare mezzi con dispositivi di abbattimento dei gas di scarico;
- utilizzare mezzi conformi al DLgs 135/92 (limitazione del rumore prodotto);
- spegnere il motore quando il mezzo non è utilizzato;
- vietare di far salire o scendere il personale sui mezzi in movimento;
- verificare l'utilizzo dei dispositivi di protezione personale.

## DPI:

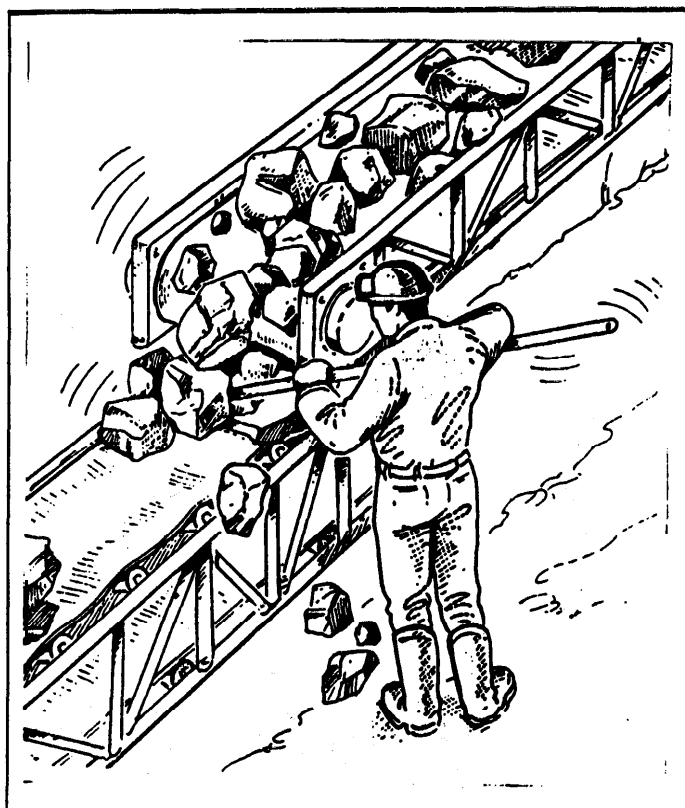
- calzature di sicurezza (scarpe o stivali);
- casco di protezione e relativa lampada;
- abbigliamento da lavoro ad alta visibilità o abiti con fasce/inserti riflettenti;
- cuffie auricolari o inserti otoprotettivi;
- maschera antipolvere.





**Fase:** rimozione materiale (smarino)

**Sottofase:** trasporto materiale scavato con nastri trasportatori



**Analisi dei rischi:**

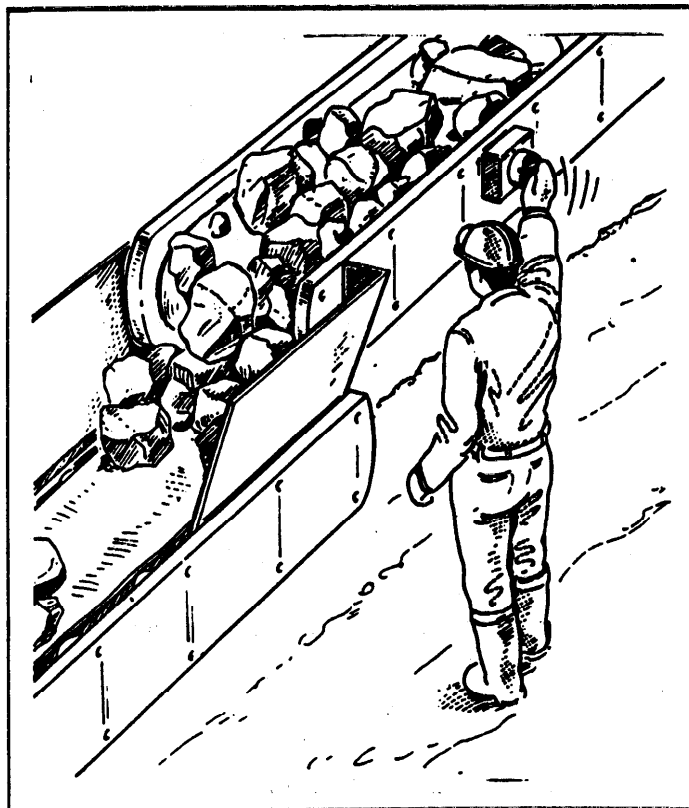
- impigliamento e trascinarsi causato dalle parti in movimento dei nastri;
- schiacciamento degli arti superiori;
- schiacciamento degli arti inferiori per caduta materiale dai nastri;
- polveri;
- rumore.

### Misure preventive:

- caratterizzare tutte le parti scoperte dei nastri (tamburi motrici e di rinvio) che possono causare trascinamenti e/o schiacciamenti;
- provvedere con idonei dispositivi di schermatura per evitare la caduta di materiale;
- installare interruttori di blocco d'emergenza (funghi o cordoncini in posizioni visibili e facilmente accessibili)
- vietare ogni intervento degli operatori sul nastro mentre lo stesso è in movimento;
- provvedere, in caso di polverosità, ad inumidire il materiale;
- verificare l'utilizzo dei dispositivi di protezione personale.

### DPI:

- cuffia auricolare o inserti otoprotettivi;
- calzature di sicurezza (scarpe o stivali);
- casco di protezione e relativa lampada;
- abbigliamento da lavoro ad alta visibilità o abiti con fasce/inserti riflettenti;
- maschera antipolvere.



## GLOSSARIO

ARMATORE	Operaio che costruisce i sostegni o altre opere di legname in galleria.
AVANZAMENTO	Scavo di una galleria. Fronte di una galleria durante i lavori di scavo.
BARRA-MINA	Ferro di mina lungo circa 2 metri usato da un solo minatore per praticare fori verticali nella roccia.
BATTERE	Perforare
BATTERE ILARGHI	Perforare e scavare le due zone di terreno laterali in corrispondenza dell'imposta della calotta.
BORRAGGIO	Tamponamento di un foro da mina carico per mezzo di tappi di carta e argilla.
BRANDARE	Tamponare con legname il fronte di avanzamento.
BUTTA	Elemento verticale di un quadro o telaio di sostegno delle gallerie o cunicoli. E' chiamato anche "gamba" o "ritto".
CANNA	Il foro da mina. Una mina "fa canna" quando il foro rimane intatto dopo l'esplosione.
CAPPELLO	Trave di legno orizzontale che sostiene il cielo dello scavo.
CARICHINO	Fochino. E' anche indicato così il minatore che aiuta il fochino a caricare i fori mina.
COPPA	Piano di scorrimento fra due rocce.
CORONA	Cielo di uno scavo.
CULACCIO	Fondo di una mina.
DISCENDERIA	Scavo inclinato con pendenza di circa 45°.
DISGAGGIO	Operazione che si esegue per completare il distacco del materiale smosso dall'esplosione delle mine.
FINESTRA	Cunicolo laterale di attacco di una galleria. Il sorvegliante ai lavori, in tale cunicolo, viene chiamato "capofinestra".
FIORETTO	Ferro da mina con foro assiale interno per l'iniezione di acqua.
FONDELLO	Residuo del foro da mina dopo la volata e il disgaggio. Il fondello talvolta nasconde residui di esplosione.
FORNELLO	Foro verticale che spesso si trova nello scavo. Molte volte il fornello è pieno di materiale detritico o di acqua.
GAMBA	Elemento verticale di un quadro o telaio di sostegno delle gallerie o cunicoli. E' chiamato anche "butta" o "ritto".

GARA	Piazzuola o allargo praticati in galleria per consentire ai mezzimeccanici (autocarri, dumpers, pale caricatori, etc.) la manovra per l'inversione di marcia.
GUARNISSAGGIO	Rivestimento del tratto di galleria compreso tra quadro e quadro.
GUBBIA	Voce dialettale che indica una "coppia" di minatori impiegati nell'antiquato sistema di scavo chiamato della "mazza-gubbia"
<b>IMBOCCARE</b>	<b>Intestare.</b>
IMBOSCATORE	Operaio armatore addetto ai lavori di opere di sostegno in legname dello scavo di una galleria.
INNESCARE	Operazione che consiste nell'armare una cartuccia di esplosivo con detonatore e miccia.
INTESTARE	Incominciare un foro da mina.
INTESTO	L'inizio di un foro da mina.
LISCIONI	Blocco di roccia privo di risalti. Piano di scorrimento fra due rocce.
MARCIAVANTI	Legname che viene infilato fra i "cappelli" dei quadri o sull'estradosso delle centine. I marciavanti hanno la funzione di sostenere la roccia franosa nella quale vengono infissi a colpi di mazza.
MARINAGGIO	Operazione di caricamento e trasporto del marino alle discariche esterne.
MARINO	Materiale che l'esplosione della mina ha distaccato ed abbattuto.
MAZZA-GUBBIA	Antiquato sistema di perforazione della roccia mediante l'impiego di due minatori uno che regge e ruota lo stampo ad ogni colpo e l'altro che con la mazza batte la coda dello stampo.
MINA CHE HA FATTO CANNONE	Mina che è esplosa senza alcun effetto utile. Tale mina si distingue dalle altre durante la volata, dalla deflagrazione secca e dallo spostamento dell'aria che produce. Le mine che sgretolano la roccia fanno un colpo sordo.
MINA GRAVIDA	Canna da mina con esplosivo (pericolosa).
MINA MANCATA	Mina non esplosa (pericolosa).
PATARRO	Mina corta che viene fatta esplodere per spaccare le rocce.
PULSINETTI	Puntelli di legno, posti a contrasto fra l'estradosso delle centine ed i marciavanti, aventi la funzione di sostenere il vano di scavo dopo la rimozione delle "gambe", sostituite dalle centine.
PUSSIERA	Dal francese poussiere. Polvere prodotta dalla perforazione a secco della roccia a mezzo di martelli perforatori non muniti di dispositivo di iniezione d'acqua. La "pussiera" arreca danno all'apparato respiratorio dei minatori in quanto può contenere silice, dando origine o provocando l'aggravamento della "silicosi" .
QUADRO	Telaio di sostegno in legno costituito dal "cappello" dai "ritti" e dalla "soglia".

RINORA	Centro di una volata di mine convergenti destinate a scavare un vuoto nella roccia (per creare un'altra faccia libera) sul quale si scaricano le mine successive.
RIGOLLA 0 RIGOLA	Cunicolo o cunetta laterale per smaltire le acque del sotterraneo.
RILEVAGGIO	Mine di rilevaggio, poste cioè al piede di una galleria e che esplodono per ultime durante la volata.
RIMONTA	Galleria o cunicolo in contropendenza, cioè con pendenza contraria all'imbocco
SBADACCHIO	Contrasto di un quadro o di una centina contro la roccia.
SCIOLTA	Turno di lavoro. Nei lavori in sotterraneo si hanno normalmente tre "sciolte" nelle 24 ore.
SMARINO	Operazione che consiste nel rimuovere, caricare e trasportare all'esterno il "marino".
SMORZA	Cartuccia con esplosivo già innescata con detonatore e miccia.
STROZZO	Indica lo scavo che procede dall'alto verso il basso. Generalmente è la parte mediana del profilo di una galleria, fra la calotta e l'arco rovescio.
TENER CONTENTA LA ROCCIA	Disporre un'armatura leggera che serve a contenere una eventuale caduta di sassi.
TIRO D'ANGOLO	Carica esplosiva che viene a trovarsi scoperta per effetto di una precedente esplosione.
VOLATA	E lo sparo simultaneo, o in una preordinata successione di tempo, di più mine predisposte per ottenere un determinato risultato.
VOLATA A TERRA	Roccia abbattuta dallo sparo delle mine, pronta per lo smarino.

## BIBLIOGRAFIA

Berta G. L'esplosivo strumento di lavoro, **Italesplosivi**, 1985.

**Boiocchi R., Rombini F.** Il piano di sicurezza negli appalti per la costruzione di metanodotti, Centro stampa AGIP, 1995.

**Bringiotti**. Guida al tunnelling- "**Quarry and construction**" PEI, novembre 1994 - maggio 1995.

Cestelli Guidi C. Geotecnica e tecnica delle fondazione, Hoepli, ottava edizione, 1991.

Gerbella L. Arte mineraria, Hoepli, quarta edizione, 1956.

Gruppo di lavoro n. 5 "Sicurezza ed ambiente" della Società Italiana Gallerie, Lavoro sicuro in galleria, novembre 1992.

Ippolito F. et al., Geologia tecnica, Isedi, terza edizione, 1983.

Passaro A., De Lieto L. Attrezzature e cantieri per la costruzione di gallerie, Liguori, prima edizione, 1992.

Ranieri R. Aspetti generali della prevenzione in sotterraneo, "**Quarry and construction**", PEI, marzo 1993.

SEI Società Italiana Esplosivi. Gli esplosivi industriali. Norme e consigli per l'uso.

Tortosa A. Scavi in galleria e tecnica antinfortunistica in sotterraneo, **Vannini**, 1967.

## APPENDICE

Decreto del Presidente della Repubblica 20 marzo 1956, n. 320

### Norme per la prevenzione degli infortuni e l'igiene del lavoro in sotterraneo

IL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA

Vista la legge 12 febbraio 1955, n. 51, che delega al Governo la emanazione di norme generali e speciali in materia di prevenzione infortuni e di igiene del lavoro;

Visto il decreto del Presidente della Repubblica 27 aprile 1955, n. 547, contenente norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro;

Visto il decreto del Presidente della Repubblica 7 gennaio 1956, n. 164, contenente norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro nelle costruzioni;

Visto il decreto del Presidente della Repubblica 19 marzo 1956, n. 303, contenente norme generali per l'igiene del lavoro;

Visto l'art. 87, comma quinto, della Costituzione;

Sentito il Consiglio dei Ministri;

Sulla proposta del Ministro per il lavoro e la previdenza sociale;

**Decreta:**

#### CAPO I

#### DISPOSIZIONI GENERALI

##### ***Campo di Applicazione***

Art. 1 Le norme di prevenzione degli infortuni e di igiene del lavoro contenute nel presente decreto si applicano ai lavori eseguiti in sotterraneo per costruzione, manutenzione e riparazione di gallerie, caverne, pozzi e opere simili, a qualsiasi scopo destinati, ai quali siano addetti lavoratori subordinati ai sensi dell'art.3 del decreto del Presidente della Repubblica 27 aprile 1955, n. 547.

Per le gallerie di lunghezza non superiore ai metri 50, si applicano solamente le norme dei capi II, VIII e X.

Le disposizioni contenute nei capi XI, XII e XIII si applicano anche ai lavori connessi a quelli in sotterraneo, in sostituzione delle norme previste, per la stessa materia, dal decreto del Presidente della Repubblica 19 marzo 1956, n. 303, contenente norme generali per l'igiene del lavoro.

##### ***Esclusioni***

Art. 2 Sono escluse dal campo di applicazione delle presenti norme, in quanto vi provvedono altre disposizioni:

- a) le miniere, cave e torbiere;
- b) i comuni pozzi idrici;
- c) gli altri pozzi, i cunicoli ed i vani sotterranei facenti parte o costituenti opere complementari od accessori degli edifici;
- d) le fondazioni di opere di qualsiasi specie.

##### ***Applicazione delle altre disposizioni per la prevenzione degli infortuni e per l'igiene del lavoro***

Art. 3 Nella esecuzione dei lavori indicati nell'art. 1 devono essere osservate, in quanto aventi per oggetto argomenti non espressamente disciplinati dal presente decreto, anche le disposizioni dettate:

- a) nel decreto del Presidente della Repubblica 27 aprile 1955, n. 547, contenente norme generali per la prevenzione degli infortuni sul lavoro, e successive modificazioni ed integrazioni;
- b) nel decreto del Presidente della Repubblica 7 gennaio 1956, n. 164, contenente norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro, nelle costruzioni;
- c) nel decreto del Presidente della Repubblica 19 marzo 1956, n. 303, contenente norme generali per l'igiene del lavoro.

Art. 4 Agli effetti dell'applicazione delle disposizioni del titolo VII del decreto del Presidente della Repubblica 27 aprile 1955, n. 547, concernente le installazioni e gli impianti elettrici, il sotterraneo è da considerarsi "ambiente bagnato".

#### *Soggetti tenuti all'osservanza delle norme*

Art. 5 All'osservanza delle norme del presente decreto sono tenuti, per quanto loro spetti e competa, coloro che esercitano le attività ed eseguono i lavori indicati nell'art 1, i dirigenti, i preposti ed i lavoratori addetti.

#### *Direzione e sorveglianza dei lavori*

Art. 6 La direzione e la sorveglianza dei lavori soggetti alle norme del presente decreto devono essere affidate a persone competenti, che abbiano una esperienza diretta dei lavori in sotterraneo.

#### *Notifica dei lavori*

Art. 7 L'imprenditore ha l'obbligo di notificare all'Ispettorato del lavoro competente per territorio i lavori indicati nell'art. 1, prima del loro inizio.

La notifica deve contenere le seguenti indicazioni:

- a) nominativo e indirizzo dell'imprenditore, del direttore dei lavori e del capocantiere;
- b) nominativo e indirizzo dell'eventuale appaltante;
- c) Provincia, Comune e località precisa dei lavori;
- d) durata presuntiva dei lavori;
- e) numero massimo presumibile dei lavoratori che saranno occupati;
- f) descrizione sommaria dei lavori, dei mezzi di difesa e degli impianti assistenziali e sanitari;
- g) cenni sulla prevedibile natura geologica del terreno e sulle indagini compiute a tal fine.

#### *Lavoratori di primo impiego*

Art. 8 I lavoratori mai precedentemente occupati in sotterraneo devono lavorare sotto la guida di altri già pratici, almeno per un periodo di due settimane.

#### *Lavoratori presenti in sotterraneo*

Art.9 Ai posti di lavoro in sotterraneo devono essere adibiti almeno due lavoratori, salvo che i lavori siano eseguiti entro il campo visuale diretto di altra persona.

#### *Divieto di permanenza in sotterraneo oltre l'orario di lavoro*

Art.10 Il lavoratore non può rimanere in sotterraneo oltre il proprio orario di lavoro, salvo giustificati motivi di carattere eccezionale.

#### *Dispositivi di segnalazione*

Art.11 In prossimità dei posti di lavoro in galleria situati a più di 300 metri dall'imbocco esterno e di quelli in pozzi profondi oltre 30 metri, devono essere installati dispositivi di segnalazione atti ad assicurare il collegamento con l'esterno.

#### *Caschi di protezione*

Art.12 I lavoratori addetti al sotterraneo o che per qualsiasi ragione vi accedano, devono essere forniti e fare uso di casco di protezione costituito di materiale leggero e resistente.

Il casco è dato in dotazione personale, a meno che il lavoratore acceda al sotterraneo solo occasionalmente.



## **CAPO II**

### **SCAVI ED ARMATURE**

#### *Sistemi di scavo*

Art.13 I sistemi di scavo devono essere adeguati alla natura dei terreni attraversati ed offrire garanzie di sicurezza.

Se la natura del terreno lo richiede, devono essere adottati sistemi preventivi di consolidamento o di sostegno.

#### *Armature e rivestimenti*

Art.14 Ogni scavo deve, di norma, essere provvisto di sostegni e rivestimenti per impedire franamenti o caduta di materiali.

Le armature di sostegno ed i rivestimenti provvisori devono essere messi in opera di pari passo con l'avanzamento dello scavo e mantenuti sino alla costruzione del rivestimento definitivo.

#### *Scavi in terreni stabili*

Art.15 Le armature di sostegno ed i rivestimenti provvisori possono omettersi quando lo scavo sia eseguito in terreni che non presentino sicuramente pericoli di franamento o di caduta di materiali.

Nelle condizioni previste dal comma precedente, lo stato di sicurezza dello scavo deve essere tuttavia controllato, allo scopo di provvedere tempestivamente all'armatura od al puntellamento dei tratti o punti risultanti non sicuri.

Le pareti e la calotta degli scavi non armati, in prossimità dei luoghi ove si abbatte la roccia per mezzo di esplosivi, devono essere controllate dopo ogni brillamento di mine.

#### *Resistenza delle armature*

Art.16 Il tipo di armatura e le dimensioni, la disposizione ed il numero dei suoi elementi, devono essere scelti in relazione alla natura, alle condizioni ed alla spinta dei terreni da attraversare, ed in modo che le strutture resistenti lavorino con un adeguato margine di sicurezza.

#### *Spinte eccezionali del terreno*

Art. 17 Quando, per effetto del rigonfiamento del terreno, del distacco dei blocchi, della esistenza di frane, o per altre cause anormali, non sia possibile garantire la resistenza delle armature, queste devono essere sottoposte ad una particolare sorveglianza onde seguirne la deformazione e l'eventuale spostamento.

Quando le sollecitazioni, determinate dalla pressione del terreno tendano a deformare le strutture di sostegno o a provocare lo scardinamento delle armature si deve provvedere alla tempestiva sostituzione degli elementi compromessi o all'adozione di altre misure di emergenza. A tal fine deve essere tenuto pronto per la messa in opera, un numero sufficiente di elementi di armatura di rimpiazzo.

#### *Rivestimento definitivo degli scavi*

Art.18 Il rivestimento definitivo degli scavi, se fa parte dell'opera di costruzione, deve seguire l'avanzamento dello scavo compatibilmente con le esigenze della sicurezza e delle altre fasi di lavoro.

#### *Cautela in particolari fasi del lavoro di armatura*

Art. 19 La posa in opera e la rimozione delle armature di sostegno dello scavo e del rivestimento murario definitivo sono eseguite sotto la sorveglianza di assistenti o di capisquadra esperti.

Questa norma si applica anche quando si tratta di rimuovere le armature per la esecuzione degli allarghi delle profilature degli scavi.

Quando l'abbattimento del terreno viene eseguito per mezzo di mine, il lavoro di messa in opera delle armature deve sempre essere preceduto dalla rimozione o dal consolidamento, da eseguirsi con mezzi appropriati e con

ogni cautela, dei massi resi instabili dalla esplosione ma ancora in posto nelle pareti e nella calotta dello scavo, nonchè da un accurato controllo dello stato di sicurezza del tratto da armare.

### ***Controllo giornaliero delle armature delle pareti dello scavo***

Art. 20 Ferme restando le disposizioni dell'art.15, secondo comma, e dell'art.17, nei lavori di escavazione deve essere disposto un controllo giornaliero delle armature e delle pareti dello scavo, da eseguirsi da lavoratori esperti.

## **CAPO III**

### **NORME PARTICOLARI PER I POZZI E PER LE GALLERIE A FORTE INCLINAZIONE**

#### ***Accessi ai posti di lavoro - Difesa dei vani***

Art. 21 L'accesso ai posti di lavoro nei pozzi deve essere predisposto con rampe di scale, anche verticali, purché sfalsate tra loro e intervallate da pianerottoli di riposo posti a distanza non superiore a 4 metri l'uno dall'altro.

Il vano scala deve essere protetto contro la caduta di materiali e, nel procedimento di perforazione dal basso verso l'alto, esso deve essere separato con robusti diaframmi per tutta la sua altezza dai vani di scarica e di sollevamento degli attrezzi e dei materiali.

I posti di manovra degli addetti al sollevamento ed allo scarico dei materiali devono essere adeguatamente protetti.

Nelle gallerie a forte inclinazione l'accesso al posto di lavoro deve essere assicurato mediante scala continua a gradini con pianerottoli di riposo almeno ogni 10 metri, predisposta su un lato dello scavo e munita di corrimano, anche di materiale flessibile purché resistente, fissato alla parete.

Nelle gallerie a forte inclinazione scavate dal basso verso l'alto, deve essere predisposto, a distanza non maggiore di 30 metri dal fronte di attacco, un solido sbarramento atto a trattenere il materiale scavato, munito di apertura laterale adeguatamente protetta per il passaggio dei lavoratori.

#### ***Ponti sospesi***

Art.22 I ponti sospesi o bilancini, il cui impiego è disciplinato dal Capo VI del decreto del Residente della Repubblica 7 gennaio 1956, n. 164, contenente norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro nelle costruzioni, sono ammessi soltanto per operazioni complementari o di rifinitura.

In deroga a quanto disposto dal primo comma dell'art 41 del suddetto decreto, il ponte sospeso deve essere munito di parapetti in robusta rete metallica intelaiata, alti non meno di 1 metro.

#### ***Brillamento delle mine***

Art. 23 L'accensione delle mine nei pozzi deve essere fatta elettricamente, quando non sia possibile riportare il capo della miccia esternamente al pozzo.

## **CAPO IV**

### **TRASPORTI IN GALLERIA**

#### ***Armamento delle ferrovie***

Art. 24 Il piano di posa dell'armamento delle ferrovie decauville deve essere preventivamente sistemato e livellato; la posa in opera di detto armamento, che deve essere adeguato alla portata dei convogli, deve essere eseguita a regola d'arte, ai fini della sicurezza del transito dei convogli stessi.

Gli scambi devono essere tali da consentire le manovre senza pericolo per i lavoratori.

## ***Locomotori***

Art.25 Nei locomotori impiegati in sotterraneo che, per la loro sagoma, consentono due posti, questi devono essere occupati dal conducente e dall'accompagnatore del treno; i posti medesimi devono essere **protetti da** robustatettoia.

Nei locomotori monoposto l'accompagnatore deve collocarsi:

- a) alla coda del treno qualora il locomotore sia in testa;
- b) nel vagone più prossimo al locomotore se quest'ultimo sia di coda.

Devono evitarsi il più possibile e compatibilmente con le esigenze del lavoro, composizioni di treni con locomotori interposti tra vagoni.

Nei treni composti con locomotori di coda o intermedi, devono collocarsi, ben visibili, lampade di estremità.

I locomotori devono comunque essere dotati di:

- 1) freni regolamentari, continuamente controllati;
- 2) fanali collocati sulle due testate;
- 3) segnalazioni acustiche.

## ***Carrelli***

Art.26 I carrelli impiegati in sotterraneo devono essere dotati di dispositivo che impedisca l'accidentale rovesciamento della cassa e fomenti di agganciamento sicuro.

La distanza fra le testate delle casse dei carrelli agganciati deve essere non minore di 6 centimetri.

## ***Trasporto persone***

Art.27 Il trasporto delle persone in sotterraneo con mezzi meccanici è consentito solo con veicoli muniti di sedili e di tettoia.

E' vietato salire e scendere su convogli in moto.

Devono essere adottate misure contro il pericolo di urti delle persone contro ostacoli.

I carrelli adibiti al trasporto di persone devono essere uniti tra loro e immediatamente al locomotore.

L'agganciamento dei carrelli deve essere effettuato mediante attacchi di sicurezza.

## ***Formazione e marcia dei convogli***

Art.28 I binari ed i relativi scambi, quando la sezione dello scavo lo consenta, devono essere disposti in modo che il locomotore possa essere sistemato in testa al convoglio.

Parimenti deve essere evitata la retromarcia dei convogli.

Comunque quando questa si renda necessaria, il primo carrello nel senso della marcia deve essere munito di un fanale di segnalazione a luce bianca; la velocità del convoglio deve essere ridotta a non più di 8 chilometri all'ora ed il movimento deve essere accompagnato da frequenti segnali acustici.

Nella fase di formazione dei convogli devono essere predisposti i mezzi necessari ad evitare l'incontrollato spostamento dei carrelli e la fuga degli stessi lungo i binari.

## ***Ricovero delle persone***

Art.29 Nelle gallerie percorse da mezzi di trasporto, quando la sezione non sia tale che una persona addossandosi alla parete possa scansarsi, devono essere predisposte nicchie, a distanza non maggiore di m. 30 l'una dall'altra, per il ricovero delle persone durante il transito dei convogli.

Qualora ciò non sia possibile per ragioni tecniche, deve essere disposto agli estremi dello scavo un mezzo di segnalazione ottica o acustica per indicare il divieto di passaggio delle persone durante il transito del convoglio.

## CAPOV

### VENTILAZIONE LIMITAZIONE DELLA TEMPERATURA INTERNA

#### *Respirabilità dell'aria ambiente negli scavi*

Art.30 L'aria ambiente degli scavi sotterranei deve essere mantenuta respirabile e, quanto più possibile, esente da inquinamenti, mediante sistemi o impianti di ventilazione atti ad eliminare o a diluire, entro limiti di tollerabilità, i gas, le polveri e i vapori pericolosi o nocivi.

Ad ogni lavoratore deve essere assicurato un minimo di 3 metri cubi di aria fresca al minuto primo, salvo che l'Ispettorato del lavoro non prescriva un più elevato limite in rapporto alla presenza in sotterraneo di particolari cause di inquinamento dell'atmosfera.

#### *Presenza e velocità dell'aria di ventilazione*

Art.31 L'aria da immettersi in sotterraneo a mezzo di impianti di ventilazione artificiale deve essere prelevata in posto sufficientemente distanziati da possibili fonti di inquinamento.

La velocità dell'aria di ventilazione ai posti di lavoro deve essere tale che, in rapporto alla temperatura dell'aria stessa, non risulti pregiudizievole per la salute del lavoratore.

#### *Apparecchi di controllo*

Art.32 Ogni cantiere deve essere fornito di apparecchiatura idonea a svelare la presenza e a determinare la concentrazione nell'atmosfera di gas nocivi o pericolosi, in modo particolare dell'anidride carbonica, dell'ossido di carbonio, dei gas nitrosi e dell'idrogeno solforato.

La composizione dell'aria ambiente del sotterraneo deve essere controllata periodicamente da esperti.

I risultati dei controlli, con l'indicazione delle modalità tecniche adottate, devono essere tenuti presso il cantiere a disposizione degli ispettori del lavoro.

L'Ispettorato del lavoro può esonerare le imprese dall'osservanza delle norme contenute nel presente articolo quando si tratti di lavori di modesta entità.

#### *Limitazione della temperatura in sotterraneo*

Art.33 La temperatura dei posti di lavoro sotterranei deve essere contenuta, per mezzo della ventilazione e, se necessario, ricorrendo ad altri mezzi al di sotto del limite massimo di 30 gradi centigradi del termometro asciutto o di 25 gradi centigradi del termometro bagnato.

Qualora non sia possibile mantenere la temperatura entro i limiti, sopraindicati, il normale lavoro può essere continuato a condizione che la permanenza dei lavoratori in sotterraneo non si prolunghi oltre le 6 ore al giorno, se la temperatura non superi i 35 gradi centigradi a termometro asciutto o i 30 gradi centigradi a termometro bagnato.

A temperature superiori ai limiti indicati al comma precedente sono consentiti soltanto lavori urgenti di emergenza diretti a scongiurare pericoli o lavori relativi ad operazioni di salvataggio.

In tal caso il personale addetto deve essere impiegato secondo orari e turni adeguati alle particolari condizioni contingenti.

#### *Eliminazione dei gas, fumi e polveri prodotti dallo sparo delle mine*

Art. 34 Nei lavori sotterranei, nei quali si impieghino esplosivi, la eliminazione dei gas, dei fumi e della polvere prodotti dallo sparo (volata) deve essere effettuata a mezzo di ventilazione artificiale, in modo da consentire il rapido allontanamento dei prodotti nocivi dal luogo del loro sviluppo, evitandone la diffusione attraverso tutto lo scavo.

E' consentita la eliminazione dei prodotti nocivi derivanti dalle volate, per mezzo di sola immissione forzata di aria nella zona dello sparo, purchè i lavoratori siano fatti uscire dal sotterraneo prima della volata ed il loro rientro avvenga dopo che l'aria sia stata sufficientemente depurata.

Può derogarsi dall'obbligo dell'uscita dei lavoratori quando questi siano fatti sostare in posti in cui, per l'adozione di adeguati accorgimenti, ovvero per la presenza di efficienti camini, pozzi o finestre, sia garantita la respirabilità dell'aria.

#### ***Macchinario e forza motrice di riserva***

Art.35 Nei casi in cui la ventilazione sia attuata mediante un solo ventilatore, deve essere tenuto nel cantiere, in condizioni di essere immediatamente utilizzato, un secondo ventilatore di riserva.

Deve inoltre essere sempre immediatamente disponibile una fonte di forza motrice di riserva per l'azionamento dei ventilatori, indipendente da quella normalmente utilizzata.

Le disposizioni del presente articolo non si applicano per le gallerie aventi lunghezza inferiore a 200 metri dall'imbocco.

## **CAPO VI**

### **EDUZIONE DELLE ACQUE**

#### ***Eliminazione delle acque sorgive***

Art.36 Durante i lavori in sottoterraneo devono essere adottate idonee misure, quali lo scavo di cunette o di cunicoli di scolo, l'esecuzione di drenaggi, l'uso di pompe o di eiettori, la messa in opera di rivestimenti anche provvisori, per allontanare le acque sorgive in modo da eliminare il ristagno dell'acqua sul pavimento dello scavo ed evitare lo stillicidio dalla calotta e dalle pareti.

#### ***Scavi in discesa***

Art.37 Nella esecuzione di gallerie, di discenderie o di altri scavi in discesa, devono essere costruiti, in quanto sia necessario in relazione alla presenza dell'acqua, cunette o pozzetti per la raccolta e successiva eduazione all'esterno dell'acqua mediante pompe o cunicoli sottostanti.

Sono ammessi sistemi di eduazione dell'acqua diversi da quelli indicati nel comma precedente, purchè idonei allo scopo e messi in opera tempestivamente.

#### ***Lavori in immersione parziale***

Art.38 Qualora non sia possibile evitare il ristagno dell'acqua sul pavimento dei posti di lavoro in sottoterraneo, il lavoro deve essere sospeso quando l'altezza dell'acqua supera i 50 centimetri.

Nel caso in cui l'acqua superi l'altezza indicata nel comma precedente, possono essere effettuati lavori di emergenza, unicamente intesi ad allontanare l'acqua o ad evitare maggiori danni all'opera in costruzione.

Detti lavori devono essere affidati a lavoratori esperti o eseguiti sottola sorveglianza di assistenti.

Ai lavoratori adibiti ai lavori di cui al presente articolo devono essere forniti idonei indumenti e calzature impermeabili.

#### ***Cautele e difese contro le irruzioni di acqua***

Art.39 Quando in prossimità della zona di scavo, siano stati accertati forti accumuli di acqua con possibilità di irruzioni violente nel sottoterraneo, oppure detti accumuli siano da presumere in base ai preventivi rilievi geologici o alla vicinanza e ubicazione di corsi o bacini d'acqua o di vecchi lavori sotterranei abbandonati oppure in base ad indizi manifestatisi durante la esecuzione dei lavori, devono adottarsi le seguenti misure:

- a) esecuzione di trivellazioni preventive di spia, la cui direzione, disposizione, profondità e numero devono essere stabiliti dal dirigente dei lavori in relazione alle circostanze contingenti;
- b) sospensione del lavoro in caso di pericolo nei luoghi del sottoterraneo sprovvisti di vie di scampo, siano quando non siano provveduto a garantire condizioni di sicurezza;
- c) limitazione al minimo del numero delle mine per volata; brillamento elettrico delle mine tra un turno e l'altro; uscita all'esterno o ricovero in luogo sicuro dei lavoratori prima del brillamento;
- d) impiego di mezzi di illuminazione elettrica di sicurezza;
- e) tenuta sul posto del materiale necessario per chiudere immediatamente i fori di spia e di mina in caso di bisogno.

### *Difesa contro lo stillicidio*

Art.40 Nel caso di stillicidio abbondante della calotta dello scavo, deve essere adottata una protezione impermeabile e resistente, indipendentemente dai mezzi personali di difesa in dotazione ai lavoratori. La protezione di cui al comma precedente deve essere adottata anche per le pareti dei pozzi, quando lo stillicidio si riversi sui posti di lavoro sottostanti.

## **CAPO VII IMPIEGO DEGLI ESPLOSIVI**

### *Disposizioni di carattere generale*

Art.41 Le imprese che impiegano esplosivi, oltre alle disposizioni delle leggi e dei regolamenti della pubblica sicurezza ed alle altre relative alla stessa materia, devono osservare le disposizioni contenute nel presente capo.

### *Elenco degli esplosivi e dei mezzi di accensione*

Art.42 Nei lavori in sotterraneo possono essere impiegati soltanto gli esplosivi ed i mezzi di accensione relativi riconosciuti e registrati in apposito elenco approvato con decreto del Ministro per il lavoro e per la previdenza sociale, su richiesta dei fabbricanti.

Gli esplosivi sono distinti in comuni e di sicurezza, comprendendo in questi ultimi gli esplosivi che rispondono a buoni requisiti di sicurezza contro il grisù e le polveri infiammabili.

Per ciascun esplosivo di sicurezza l'elenco indicherà la carica limite.

In detto elenco non possono essere iscritti esplosivi ad ossidazione incompleta, il cui impiego è perciò vietato.

### *Iscrizione e classificazione*

Art.43 L'iscrizione degli esplosivi e dei mezzi di accensione nell'elenco di cui all'articolo precedente e la loro assegnazione all'una o all'altra delle due categorie ha luogo con decreto del Ministro per il lavoro e la previdenza sociale, in conformità al riconoscimento ed alla classificazione già effettuata da parte del Ministero dell'interno, ai sensi dell'art. 53 del Testo unico delle leggi di pubblica sicurezza, approvato con regio decreto 18 giugno 1931, n. 773.

I fabbricanti, nell'inoltare domanda al Ministero del lavoro e della previdenza sociale per la iscrizione degli esplosivi e dei mezzi di accensione nel succitato elenco, devono fornire i seguenti dati:

- a) denominazione degli esplosivi e dei mezzi di accensione;
- b) stabilimenti che li producono;
- c) natura e caratteristiche degli esplosivi e dei mezzi di accensione;
- d) gas prodotti dalla esplosione, dedotti dai calcoli ed indicati con le percentuali in volume ed in peso;
- e) risultati delle prove eseguite per accertare, quando occorra, la sicurezza contro il grisù e le polveri infiammabili;
- f) temperatura di congelamento per gli esplosivi alla nitroglicerina.

### *Controllo della temperatura all'interno dei depositi*

Art.44 I depositi contenenti esplosivi alla nitroglicerina devono essere provvisti di termometri a massima e minima.

### *Sosta degli esplosivi in sotterraneo*

Art.45 Negli intervalli di tempo, intercorrenti tra il trasporto e la loro utilizzazione, gli esplosivi non devono essere depositati nell'interno delle gallerie o in prossimità degli altri luoghi d'impiego, in misura eccedente il fabbisogno di ogni squadra.

I detonatori, già applicati alle micce, e gli esplosivi devono essere custoditi entro distinti e robusti cassoni muniti di coperchio chiudibile a chiave.

Detti cassoni devono essere sistemati a conveniente distanza tra loro; dai posti di lavoro e da quelli di impiego.

### ***Controllo delle micce***

Art.46 Il controllo della velocità di combustione delle micce deve essere effettuato periodicamente ed i risultati devono essere annotati su apposito registro.

Il registro deve essere tenuto in cantiere a disposizione degli ispettori del lavoro.

### ***Applicazione dei detonatori alle micce***

Art.47 L'applicazione dei detonatori alle micce deve essere effettuata in garitte o locali completamente distinti, siti all'esterno del sotterraneo ed a distanza non minore di 25 metri dai depositi degli esplosivi, dai luoghi di lavoro e dai baraccamenti.

Detta operazione deve essere eseguita in presenza di non più di 20 detonatori e solo facendo uso delle apposite pinze di sicurezza.

Nelle garitte e nei locali di cui al primo comma è vietato tenere quantitativi, anche minimi, di esplosivo.

### ***Tempo di attesa dopo lo sparo***

Art.48 Effettuato lo sparo delle mine, è consentito l'accesso al cantiere solo quando i gas e le polveri prodotti dalla esplosione siano stati eliminati e si sia potuta acquistare la presunzione che nessuna mina è rimasta inesplosa.

### ***Misure precauzionali relative al brillamento elettrico***

Art.49. Prima di introdurre nei fori da mina le cartucce innescate, tutte le linee elettriche entranti in sotterraneo devono essere interrotte con coltelli sezionatori sistemati all'esterno.

I tratti di linee entranti in sotterraneo devono essere posti in corto circuito e collegati elettricamente a terra.

Le lampade e gli apparecchi elettrici spostabili devono essere rimossi dal fronte di lavoro prima di iniziare l'operazione di carica.

L'illuminazione del fronte deve essere garantita o con fari elettrici, alimentati da generatori ad aria compressa o da accumulatori o con lampade portatili non a fiamma libera.

I binari e tutte le condutture metalliche devono essere collegati elettricamente a terra con dispersori presentanti piccolissima resistenza ed installati a regola d'arte fuori del sotterraneo.

### ***Prova dei circuiti elettrici***

Art.50 La prova del circuito di accensione deve farsi ad una distanza non inferiore ai 150 metri dal fronte minato e soltanto dopo che tutti i lavoratori si siano allontanati e posti al sicuro.

### ***Fonti di energia per il brillamento elettrico***

Art.51 Per il brillamento elettrico delle mine, devono essere usati esclusivamente esploditori portatili autonomi.

### ***Misure di sicurezza in caso di temporali***

Art.52 E' fatto obbligo di approntare nel cantiere un idoneo sistema di segnalazione che consenta di dare ai lavoratori che si trovano nell'interno del sotterraneo disposizioni per la sospensione immediata del lavoro e per mettersi al sicuro dal pericolo di esplosione all'approssimarsi di condizioni atmosferiche temporalesche nella zona del cantiere, quando si faccia uso di accensione elettrica.

## CAPO VIII

### DIFESA CONTRO LE POLVERI

#### *Misure generali contro le polveri*

Art.53 Nei lavori eseguiti in sotterraneo ai sensi dell'art.1 si devono adottare sistemi di lavorazione, macchine, impianti e dispositivi che diano luogo al minore sviluppo di polveri; queste devono essere comunque eliminate il più vicino possibile ai punti di formazione.

Nei lavori per i quali siano disposti, ai fini della lotta contro le polveri, procedimenti ad umido, si devono adottare impianti idrici di distribuzione atti ad assicurare una sufficiente quantità di acqua esente da inquinamenti.

#### *Bagnatura delle polveri*

Art.54 Quando si procede alla bagnatura della calotta, delle pareti e della platea degli scavi, per impedire la diffusione nell'aria delle polveri formatesi o depositatesi, l'innaffiamento deve essere eseguito con spruzzatori o inaffiatoi e non con getti violenti di acqua.

Quando si fa uso di sostanze per ridurre la tensione superficiale dell'acqua o per limitare altrimenti la dispersione delle polveri nell'atmosfera, dette sostanze devono essere tali da non nuocere alla salute dei lavoratori.

#### *Perforazione delle rocce*

Art.55 La perforazione meccanica delle rocce deve essere eseguita mediante macchine munite di dispositivo per l'aspirazione delle polveri o per l'iniezione di acqua.

Nei lavori in cui sia necessario l'impiego di utensili privi di canale assiale e sia adottato per la perforazione il procedimento ad umido, le macchine devono essere dotate di idoneo spruzzatore di acqua. Le polveri aspirate attraverso il canale assiale del fioretto o all'orifizio del foro in escavazione devono essere immesse in un separatore a filtro che ne impedisca la diffusione nell'aria.

I dispositivi di cui sopra devono essere impiegati in modo che il loro funzionamento abbia inizio contemporaneamente alla messa in marcia della macchina e rimanga costante per tutto il periodo di perforazione.

#### *Macchine per la perforazione o la demolizione delle rocce*

Art.56 Le perforatrici ed i martelli perforatori o demolitori devono rispondere ai seguenti requisiti:

- a) lo scappamento deve essere provvisto di uno schermo deflettore oppure essere disposto in modo che l'aria non possa sollevare la polvere depositatasi sulle pareti degli scavi nè investire il lavoratore;
- b) il complesso della macchina ad aspirazione e specialmente il portautensile devono essere tali da assicurare una sufficiente tenuta delle polveri.

Le macchine di perforazione devono essere montate sopra appositi sostegni, sempre che ciò sia consentito dalle esigenze tecniche.

#### *Speciali dispositivi ad iniezione d'acqua*

Art.57 Le macchine con utensili pneumatici ad iniezione di acqua devono essere provviste di un dispositivo che impedisca all'aria compressa di penetrare nel canale assiale del fioretto.

#### *Pulizie e ricambio dei filtri dei separatori a polvere*

Art.58 La pulizia dei filtri impiegati nella perforazione a secco con aspirazione delle polveri deve farsi all'aperto ed in luogo isolato.

I lavoratori incaricati del ricambio e della pulizia dei filtri devono essere muniti e fare uso di maschere antipolvere.



### ***Inumidazione del materiale di scavo da rimuovere e trasportare***

Art.59 Il materiale abbattuto nei cantieri, ove l'escavazione sia stata eseguita in rocce asciutte e polverulenti, deve essere inumidito prima di essere rimosso e trasportato, anche se per le operazioni di sgombero o di scaricamento siano impiegati mezzi meccanici.

La stessa cautela deve essere adottata quando il trasporto avviene attraverso pozzetti o mediante scivoli. Nel trasporto di materiali con qualsiasi mezzo eseguito occorre evitare la caduta dei materiali stessi.

### ***Disposizione del tubo di scappamento nelle macchine di trazione***

Art.60 Le locomotive con motori a combustione interna o ad aria compressa e gli automezzi in circolazione nelle gallerie devono avere il tubo di scappamento rivolto verso l'alto o provvisto di un deflettore, in modo da non sollevare le polveri depositatesi al suolo e sulle pareti delle gallerie.

### ***Velocità della corrente d'aria***

Art.61 Salvo quanto è prescritto nell'art. 31 secondo comma, nei pozzi e nelle gallerie normalmente percorsi dai lavoratori, la velocità dell'aria compressa deve essere contenuta entro limiti tali da non sollevare la polvere depositatesi sulle pareti e sul suolo; in ogni caso, la velocità non deve superare i 5 metri al minuto secondo.

### ***Misure antipolvere nella frantumazione dei materiali in sotterraneo***

Art.62 Qualora per esigenze di lavoro sia necessario eseguire in sotterraneo la frantumazione o altre operazioni meccaniche sui materiali, si devono adottare misure atte ad impedire la dispersione della polvere.

### ***Verifiche della polverosità dell'aria ambiente***

Art.63 La concentrazione delle polveri nell'aria dei luoghi di lavoro sotterranei ed il contenuto in silice libera devono essere controllati periodicamente, da parte di esperti, nei posti in cui si riscontri il maggior grado di polverosità e ogni qual volta siano mutate le condizioni tecniche ambientali o la costituzione delle rocce.

I risultati delle analisi, con la indicazione delle modalità tecniche adottate, devono essere tenuti presso il cantiere a disposizione degli ispettori del lavoro.

Con decreto del Ministro per il lavoro e la previdenza sociale sono stabiliti le modalità ed i termini per l'esecuzione dei controlli di cui al primo comma.

### ***Caratteristiche dei mezzi individuali di protezione***

Art.64 Qualora per difficoltà di ordine ambientale o altre cause tecnicamente giustificate sia ridotta la efficacia dei mezzi generali di prevenzione delle polveri, i lavoratori devono essere muniti e fare uso di idonee maschere antipolvere.

Nelle maschere a filtro, questo deve offrire una resistenza alla inspirazione e all'espiazione non superiore rispettivamente a 15 millimetri e 5 millimetri di colonna d'acqua con una corrente di 50 litri al minuto primo e un potere di ritenzione non inferiore al 95 per cento delle polveri di un micron di diametro.

### ***Controllo, disinfezione e deposito delle maschere antipolvere***

Art. 65 Le maschere di cui all'articolo precedente devono essere:

- a) di dotazione strettamente personale e portare la indicazione del lavoratore che la usa;
- b) consegnate a fine di ogni turno di lavoro ad apposito incaricato per essere pulite e controllate nella loro efficienza;
- c) conservate ordinatamente in un armadio o altro posto idoneo;
- d) disinfettate periodicamente e sempre quando cambiano i soggetti che le usano.

## CAPO IX

### ILLUMINAZIONE

#### *Mezzi di illuminazione fissi*

Art.66 I luoghi di lavoro e di passaggio sotterranei devono essere illuminati con mezzi o impianti indipendenti dai mezzi di illuminazione individuale portatili.

Può derogarsi all'obbligo di cui al comma precedente quando si tratti di eseguire lavori occasionali o di breve durata o in condizioni tali per cui la predisposizione del mezzo fisso sia particolarmente difficoltosa.

#### *Mezzi di illuminazione portatili individuali*

Art.67 I lavoratori che accedono al sotterraneo devono essere provvisti di idoneo mezzo di illuminazione portatile.

#### *Illuminazione minima in sotterraneo*

Art.68 I mezzi o impianti di illuminazione fissa devono garantire nei passaggi e in tutti i punti accessibili del sotterraneo un livello di illuminazione non inferiore a 5 lux.

Detto minimo è garantito indipendentemente dal concorso dei mezzi di illuminazione individuale.

#### *Illuminazione dei posti di lavoro*

Art.69 Fermo restando il minimo di illuminazione prescritto nell'articolo precedente, in ogni posto di lavoro deve essere garantito, con mezzi o impianti fissi, un livello medio d'illuminazione non inferiore a 30 lux. Quando si tratti di lavoro comportanti specifici pericoli, quali il controllo dello scavo dopo lo sparo delle mine, la rimozione dei massi instabili dalla calotta o dalle pareti, la pulizia del fronte di avanzamento dopo la volata, la ricerca di mine inesplose o di residui di esplosivo e la preparazione delle mine, il livello medio di illuminazione non deve essere inferiore a 50 lux.

La collocazione e la distribuzione delle sorgenti luminose devono assicurare una conveniente uniformità di illuminazione.

#### *Requisiti dei mezzi di illuminazione*

Art.70 I mezzi di illuminazione installati sul fronte di avanzamento, fermo restando quanto disposto nell'art 72, devono possedere requisiti di robustezza ed essere, per quanto possibile, del tipo elettrico.

## CAPO X SCAVI IN TERRENI GRISUTOSI E MISURE DI SICUREZZA CONTRO LE ESPLOSIONI

#### *Campo di applicazione*

Art.71 Quando nel sotterraneo, in base alle preventive indagini geologiche sia da ritenersi probabile la presenza di gas infiammabili o esplodenti o comunque quando tale presenza venga riscontrata nel corso dei lavori, si osservano le norme del presente capo.

#### *Illuminazione di sicurezza*

Art.72 I sistemi ed i mezzi di illuminazione fissi e individuali devono essere del tipo di sicurezza.

Gli involucri di vetro protettivi esterni delle lampade e dei fari devono essere tali da resistere agli urti o altrimenti essere protetti contro gli urti medesimi.

Le lampade portatili individuali devono essere esclusivamente a pila o ad accumulatore; inoltre devono essere provviste di speciali dispositivi di chiusura che non consentano l'apertura della lampada in sotterraneo e di dispositivo che interrompa automaticamente il circuito di alimentazione della lampadina in caso di rottura dell'involucro protettivo esterno.

### ***Requisiti di sicurezza per gli impianti e le macchine elettriche***

Art.73 Le macchine, le apparecchiature e le condutture elettriche, i mezzi di segnalazione ed i locomotori a batteria devono essere di tipo antideflagrante, dichiarati tali dal costruttore. Dette macchine ed installazioni devono essere protette contro gli urti e le altre cause di rottura o deterioramento, nonchè controllate frequentemente da personale esperto.

### ***Collegamenti elettrici a terra***

Art.74 Le condutture metalliche, nonchè le rotaie dei binari dei mezzi di trasporto interni e le guide metalliche dei montacarichi devono essere collegate elettricamente a terra e l'efficienza del collegamento deve essere periodicamente controllata da personale pratico.

### ***Misure contro fiamme, riscaldamenti e scintille***

Art.75 Nei lavori in sotterraneo è vietato:

- a) eseguire operazioni che diano luogo alla produzione di fiamme o a riscaldamenti pericolosi;
- b) usare motori termici, compresi i locomotori a nafta,
- c) fumare, introdurre fiammiferi o altri mezzi di accensione e usare scarpe con chiodi di ferro.

Per assicurare l'osservanza delle disposizioni della lettera c) del comma precedente, devono essere eseguiti controlli sulla persona all'atto dell'entrata in sotterraneo.

### ***Cautele contro le scintille***

Art.76 Nella esecuzione dei lavori deve essere adottata ogni cautela che valga ad evitare la produzione di scintille. In particolare si devono evitare urti o attriti fra materiali o attrezzi ferrosi, nonchè l'apertura brusca dei rubinetti delle condutture dell'aria compressa e l'investimento del getto di questa contro oggetti o pareti.

### ***Impiego degli esplosivi di sicurezza***

Art.77 E' consentito solo l'uso di esplosivi di sicurezza antigrisutosi, dichiarati tali dal fabbricante e classificati nell'elenco di cui agli articoli 42 e 43 dal Ministero del lavoro e della previdenza sociale.

L'accensione delle mine deve essere fatta elettricamente dall'esterno.

Tutto il personale deve essere fatto uscire dal sotterraneo durante la fase di accensione delle mine.

### ***Controllo del gas***

Art.78 Il controllo della presenza del gas deve essere periodicamente eseguito da personale esperto provvisto di idonei strumenti indicatori a batteria muniti di quadrante graduato.

La frequenza dei controlli, quando il gas non è stato ancora riscontrato, è stabilita in relazione al grado di probabilità della sua manifestazione, tenuto conto della natura e delle caratteristiche del terreno in escavazione e di quello della zona circostante, nonchè dei fenomeni indiziari eventualmente manifestatisi nel corso dei lavori di scavo.

Quando la comparsa di gas sia da ritenersi molto probabile, i controlli devono essere eseguiti giornalmente dopo ogni volata e, in caso di sospensione del lavoro, prima della ripresa di esso.

Se la presenza del gas è accertata, il controllo della sua concentrazione è eseguito in modo continuativo.

Il controllo della presenza e della concentrazione del gas non può essere limitato alla zona del fronte di avanzamento, ma deve essere esteso a tutto lo sviluppo del sotterraneo ed in modo particolare alle zone elevate.

E' ammesso l'uso, in aggiunta agli strumenti di cui al primo comma, di lampade griscopiche tipo Davy, purché affidate a personale pratico espressamente incaricato e sempre che, quando non siano direttamente usate dalla persona, vengano tenute in funzione, in luoghi appropriati, al riparo dagli urti.

### *Sospensione dei lavori e abbandono del sotterraneo*

Art.79 Qualora venga rilevata in qualsiasi luogo del sotterraneo una concentrazione di gas infiammabile o esplosivo superiore all' 1 per cento in volume rispetto all'aria, con tendenza all'aumento, e non sia possibile, mediante la ventilazione o con altri mezzi idonei, evitare l'aumento della percentuale del gas oltre il limite sopraindicato, tutto il personale deve essere fatto sollecitamente uscire dal sotterraneo. Analogo trattamento deve essere adottato in caso di irruzione massiva di gas.

### *Lavori interni di emergenza*

Art.80 Qualora non sia possibile assicurare le condizioni di sicurezza previste dall'articolo precedente possono essere eseguiti in sotterraneo solo i lavori strettamente necessari per bonificare l'ambiente dal gas e quelli indispensabili e indifferibili per ripristinare la stabilità delle armature degli scavi. Detti lavori devono essere affidati a personale esperto numericamente limitato, provvisto dei necessari mezzi di protezione, comprendenti in ogni caso l'autoprotettore, i quali non devono essere prelevati dalla dotazione prevista dall'art. 101 per le squadre di salvataggio.

## **CAPO XI**

### **SERVIZI IGIENICO-ASSISTENZIALI**

#### *Requisiti costruttivi dei baraccamenti*

Art.81 Le baracche destinate ai servizi igienico-assistenziali e ai servizi previsti nel presente capo e nel successivo devono avere il pavimento sopraelevato di almeno 30 centimetri dal terreno mediante intercapedini, vespai ed altri mezzi atti ad impedire la trasmissione dell'umidità dal suolo.

I pavimenti dei baraccamenti devono avere superficie unita, essere fatti con materiale non friabile e di agevole pulizia.

I baraccamenti destinati ad alloggiamenti ed a servizi igienici ed assistenziali devono avere pareti perimetrali atte a difenderli dagli agenti atmosferici.

Nel caso in cui la baracca sia costruita in legname, le pareti devono essere doppie con intercapedine di almeno 5 centimetri; se costruite in muratura o altre strutture, quali conglomerati, pannelli e simili, devono essere atte a garantire l'isolamento termico.

La copertura delle baracche deve essere fatta in modo da rispondere alle condizioni climatiche della località essa deve essere munita di intercapedine coibente e garantire dalla penetrazione dell'acqua piovana.

I baraccamenti devono essere forniti di finestre, che, per numero, ampiezza e disposizione assicurino una buona areazione ed una illuminazione naturale adeguata alla destinazione degli ambienti.

Le finestre devono essere munite di vetri ed avere buona chiusura; quelle dei dormitori devono essere fornite di imposte per oscurare l'ambiente.

Le porte di accesso devono essere in numero di almeno una ogni 25 lavoratori.

Quando le condizioni climatiche lo esigano, in corrispondenza di ogni accesso dall'esterno ai dormitori, deve essere disposto un vestibolo ricavato con opportune tramezzature.

#### *Riscaldamento*

Art.82 I baraccamenti devono essere convenientemente riscaldati in rapporto alle condizioni climatiche della località.

Nei dormitori e negli ambienti chiusi è vietato il riscaldamento con apparecchi a fuoco libero.

Si deve inoltre provvedere all'allontanamento dei prodotti della combustione, avendo cura che i camini siano sufficientemente alti, in modo da garantire il tiraggio dei prodotti della combustione e da impedirne la penetrazione negli ambienti vicini.

Gli impianti di riscaldamento devono essere convenientemente isolati al fine di evitare il pericolo di incendi.

#### *Illuminazione artificiale*

Art.83 I baraccamenti, nonché i passaggi, le strade interne, i piazzali ed, in genere, i luoghi destinati al

movimento di persone o di veicoli devono essere forniti di illuminazione artificiale sufficiente per intensità e distribuzione delle sorgenti luminose.

Devono inoltre essere illuminati, oppure indicati con speciali lampadé, i punti di transito che espongano a particolare pericolo.

I baraccamenti adibiti a dormitorio devono essere forniti anche di lampade notturne a luce ridotta. Gli impianti di illuminazione dei baraccamenti devono offrire sufficienti garanzie di sicurezza e di igiene.

### ***Alloggiamenti***

Art.84 I cantieri devono essere provvisti di alloggiamenti per i lavoratori.

L'Ispettorato del lavoro può esonerare le imprese dall'obbligo di provvedere agli alloggiamenti, quando non ne riconosca la necessità, tenuto conto della vicinanza del cantiere ai centri abitati, della ricettività di questi, dello scarso numero di lavoratori che dovrebbero usufruire degli alloggiamenti stessi, della breve durata dei lavori.

### ***Arredi degli alloggiamenti***

Art.85 Gli alloggiamenti devono:

- a) essere dotati, per ogni lavoratore, di un lettino o di una branda con rete metallica, corredata di un materasso di lana o di capok, o di crine, di cuscino e di coperte adeguatamente alle condizioni climatiche nonché di lenzuola e di federe per il cuscino;
- b) essere dotati di attaccapanni, sedile e mensolina individuali;
- c) avere, per ogni lavoratore, una cubatura di almeno 10 metri e lo spazio libero fra un posto e l'altro di almeno 70 centimetri.

E' vietato l'uso di lettini o brande sovrapposte.

L'Ispettorato del lavoro può tuttavia consentire, quando ricorrano particolari difficoltà ambientali, che le brande siano sovrapposte in non più di due piani. In tal caso, lo spazio libero tra una branda e la soprastante deve essere di almeno un metro e la branda superiore deve essere altresì distanziata dal soffitto di almeno m.1,20.

Qualora i letti siano sistemati in due file, il passaggio tra una fila e l'altra deve avere larghezza non inferiore a m.1,50.

Gli alloggiamenti devono essere mantenuti, da apposito personale, in stato di scrupolosa pulizia e devono essere disinfettati e disinfestati almeno una volta ogni tre mesi ed ogni qualvolta se ne manifesti la necessità.

Le lenzuola e le federe devono essere lavate almeno ogni dieci giorni.

### ***Lavandini***

Art.86 I cantieri devono essere forniti di mezzi necessari per la pulizia personale dei lavoratori; l'erogazione dell'acqua deve essere fatta in modo da consentire ai lavoratori di lavarsi in acqua corrente.

I lavandini devono essere installati in locali chiusi; essi possono essere installati in locali semplicemente coperti qualora le condizioni climatiche lo consentano. I getti d'acqua devono distare l'uno dall'altro almeno 50 centimetri ed essere in numero di almeno uno ogni cinque lavoratori occupati in ciascun turno di lavoro.

I lavandini devono essere ubicati nelle immediate adiacenze degli alloggiamenti.

### ***Spogliatoi***

Art.87 I cantieri che occupano più di venti operai devono essere provvisti, in prossimità dell'imbocco del sotterraneo, di locale chiuso e opportunamente riscaldato, adibito ad uso spogliatoio.

Lo spogliatoio deve avere i requisiti costruttivi e di arredamento atti a garantire la custodia e, se del caso, l'asciugamento degli indumenti; esso deve inoltre essere mantenuto in buone condizioni di igiene.

L'Ispettorato del lavoro può estendere l'obbligo sancito dal primo comma alle aziende che occupino meno di venti lavoratori, tenuto conto della durata dei lavori e delle condizioni nelle quali essi si svolgono.

### ***Docce***

Art.88 Nei cantieri che occupano più di 100 lavoratori devono essere installate docce, con acqua calda, nel numero di almeno una per ogni 25 lavoratori.

Ogni posto di doccia deve occupare una superficie di almeno un metro quadrato.

Le docce devono essere sistemate in locali chiusi, attigui agli spogliatoi, efficacemente protetti dagli agenti atmosferici ed opportunamente riscaldati.

Nei locali delle docce deve assegnarsi ad ogni posto di doccia uno spazio sufficiente per spogliarsi, convenientemente riparato e fornito di sgabello e attaccapanni.

Il pavimento dei locali destinati alle docce deve essere impermeabile, sistemato in modo da assicurare il deflusso dell'acqua e deve essere munito di griglia in legno.

A mezzo di regolamento interno devono essere stabilite la frequenza ed i turni per l'uso delle docce, tenendo conto delle condizioni nelle quali si svolge il lavoro.

L'Ispettorato del lavoro, quando ricorrano particolari necessità può variare il numero di docce e la frequenza stabilita dal regolamento interno.

Il lavoratore deve praticare il bagno secondo i turni stabiliti.

I cantieri che occupano fino a 1000 lavoratori devono ugualmente essere provvisti di docce con acqua calda, anche se realizzate con sistemi di fortuna, purchè non in contrasto con le norme di igiene e con la decenza.

L'imprenditore deve fornire al lavoratore adatti mezzi detersivi e convenienti asciugatoi.

L'imprenditore deve assicurare che l'acqua da usarsi nei lavandini e nelle docce, abbia i requisiti igienici richiesti dal particolare uso.

### ***Acqua potabile***

Art.89 I cantieri devono essere approvvigionati di acqua potabile compresa quella destinata ad usi di cucina, in quantità non inferiore a 15 litri per lavoratore occupato e per giorno.

La potabilità dell'acqua, quando questa non derivi da una fonte pubblica di approvvigionamento, deve essere fatta accertare dall'autorità sanitaria.

Presso le sorgenti, le fonti, i serbatoi, le pompe, le bocche di erogazione in genere, che erogano acqua non rispondente alle norme del precedente comma, deve essere posta la scritta "non potabile".

Ove l'importanza del cantiere e la durata dei lavori lo richiedano ed ove l'esistenza sul posto di fonte di approvvigionamento lo consenta, si deve provvedere alla distribuzione ed alla erogazione dell'acqua potabile nel cantiere a mezzo di un idoneo impianto, che garantisca dall'inquinamento.

Qualora non sia possibile provvedere a detto impianto, l'approvvigionamento, la raccolta, la distribuzione e l'erogazione dell'acqua potabile, compresa quella destinata ad uso di cucina, deve essere fatta in modo da assicurare i requisiti di potabilità. Nei cantieri ove esista un sistema di distribuzione dell'acqua potabile per condutture, si deve provvedere alla installazione di rubinetti almeno nella cucina, nel refettorio ed in punti convenientemente ubicati rispetto ai baraccamenti.

### ***Distribuzione dell'acqua***

Art.90 Ogni lavoratore deve poter disporre in sotterraneo di almeno due litri di acqua potabile per ogni 8 ore lavorative. Se l'acqua potabile viene conservata entro recipienti individuali, questi devono essere resistenti, facilmente pulibili e provvisti di buona chiusura. Qualora nei sotterranei vengano collocati serbatoi di acqua potabile, questi devono rispondere a requisiti di idoneità ed il loro contenuto deve essere, se del caso, rinnovato periodicamente in modo da assicurare il costante carattere di potabilità dell'acqua.

### ***Mense***

Art.91 Nei cantieri ove siano alloggiati più di 50 lavoratori, dei quali almeno dieci ne facciano richiesta, l'imprenditore deve istituire un servizio di mensa e deve fornire a suo carico, il personale e l'attrezzatura necessari per la preparazione dei pasti caldi.

Il funzionamento della mensa e la composizione delle tabelle alimentari devono essere regolati mediante accordi fra l'imprenditore ed i lavoratori.

Per l'approvvigionamento e la conservazione dei viveri devono osservarsi le norme necessarie a garantire i requisiti igienici.

La cucina deve essere installata entro ambienti chiusi e deve essere convenientemente arredata e mantenuta in condizioni di scrupolosa pulizia.

Anche i lavoratori che non alloggino presso il cantiere hanno facoltà di fruire della mensa.

Qualora essi rinuncino a tale facoltà, l'imprenditore ha l'obbligo di fornire loro i mezzi necessari per riscaldare le vivande che i lavoratori stessi giornalmente portano con sé.

Quando non ricorra, a norma del primo comma, l'obbligo della mensa e non vi sia possibilità per i lavoratori, nel luogo ove sorge il cantiere, di provvedersi di viveri dai normali esercizi, l'imprenditore deve assicurarne la disponibilità sul posto e, se richiesto dai lavoratori, provvedere all'istituzione di una mensa.

### ***Refettori***

Art.92 I cantieri in cui i lavoratori consumino sia pure un pasto sul luogo di lavoro devono essere provvisti di un locale da adibirsi a refettorio, mantenuto a cura dell'imprenditore in stato di scrupolosa pulizia, arredato con tavoli e sedili in numero adeguato e fornito di personale in numero sufficiente.

### ***Locali di soggiorno***

Art.93 I cantieri in cui siano alloggiati più di 200 lavoratori devono essere provvisti di un capace locale di soggiorno, nel quale questi possano trattenersi durante le ore libere dal lavoro.

Nei cantieri in cui il numero dei lavoratori alloggiati sia inferiore a 200 deve provvedersi almeno a che il refettorio prescritto dal precedente articolo possa essere adibito anche a locale di soggiorno; a tal fine esso deve possedere requisiti di capacità in relazione, sia al numero dei lavoratori che vi consumano i pasti, sia al numero di quelli che vi sostano contemporaneamente.

### ***Latrine***

Art.94 Nelle vicinanze degli alloggiamenti devono essere predisposte latrine in numero di almeno una ogni 20 lavoratori occupati.

Le latrine devono essere protette da agenti atmosferici ed inoltre costruite e mantenute in modo da salvaguardare la decenza, da non costituire causa di diffusione delle malattie trasmissibili e da non costituire causa di inquinamento delle acque destinate agli usi del cantiere e dell'abitato.

L'Ispettorato del lavoro può prescrivere la installazione di latrine in sotterraneo, fissandone le caratteristiche, ove ne riconosca la necessità in relazione alla natura ed importanza dei lavori, al numero dei lavoratori occupati ed al rischio di trasmissione delle malattie.

Alla pulizia ed alla manutenzione delle latrine deve essere destinato personale in numero sufficiente.

## **CAPO XII**

### **SERVIZI SANITARI**

#### ***Istituzione dei servizi***

Art.95 Nei cantieri deve essere assicurata l'assistenza sanitaria ai lavoratori colpiti da infortunio o altrimenti bisognosi di cure; a tal fine i cantieri devono disporre di adeguati presidi medico-chirurgici.

Nei cantieri deve essere assicurata la costante disponibilità di un mezzo di trasporto, atto a trasferire prontamente il lavoratore, che abbia bisogno di cure urgenti, al più vicino posto di soccorso.

#### ***Pronto soccorso***

Art.96 I cantieri che occupano fino a 100 lavoratori devono essere dotati di almeno una cassetta di medicazione.

I cantieri che occupano un numero di lavoratori superiore a 100 e quelli la cui distanza da posti pubblici di pronto soccorso sia tale da non garantire la tempestiva assistenza, devono avere sul posto di lavoro una propria attrezzatura sanitaria, consistente in un apposito locale, rispondente ai requisiti di cui agli articoli 81, 82 e 83, fornito dei presidi necessari al pronto soccorso, nonché di acqua potabile, di lavandino e di una latrina.

L'imprenditore deve provvedere anche un medico, prontamente reperibile, possa rapidamente raggiungere, in caso di bisogno, il cantiere.

#### ***Infermeria***

Art.97 Nei cantieri che occupano almeno 500 lavoratori, oltre al locale di pronto soccorso indicato nell'articolo precedente, deve essere allestita una infermeria, nella quale possano essere ricoverati i lavoratori che siano affetti da lievi forme morbose ovvero che siano in attesa di trasferimento in luogo di cura. L'infermeria deve contenere

almeno due letti se il cantiere occupa un numero di lavoratori inferiore a 1000 e almeno quattro letti se ne occupa un numero superiore.

Essa deve avere i requisiti indicati negli articoli 81, 82 e 83 e deve essere affidata in custodia ad un infermiere incaricato di recare eventualmente i primi soccorsi in attesa del medico.

Nei cantieri di cui al comma precedente deve essere provveduto affinché un medico risieda sul posto.

L'Ispettorato del lavoro può esonerare l'imprenditore che ne faccia motivata istanza dall'osservanza delle norme di cui ai commi precedenti, quando nelle vicinanze del cantiere esista un ospedale.

Art.98 Con decreto del Ministro per il lavoro e la previdenza sociale saranno indicati i presidi medico-chirurgici, le apparecchiature e i materiali sanitari di cui devono essere fornite le cassette di medicazione e le infermerie prescritte agli articoli 96 e 97.

### **CAPO XIII**

#### **SERVIZI DI SALVATAGGIO**

##### *Squadre di salvataggio*

Art.99 Nei cantieri che occupano almeno 150 lavoratori per turno ed in quelli in cui, indipendentemente dal numero dei lavoratori occupati, vi sia o possa ritenersi probabile la presenza di gas infiammabili o esplosivi, deve essere istituita, per ciascun turno di lavoro, una squadra di salvataggio.

##### *Composizione delle squadre di salvataggio*

Art. 100 Il numero dei componenti ciascuna squadra di salvataggio deve essere adeguato alla pericolosità dei lavori od alla estensione del cantiere; in ogni caso non può essere inferiore a cinque elementi, in essi compreso un caposquadra.

I componenti la squadra di salvataggio devono essere volontari, avere età compresa tra i 21 ed i 45 anni, possedere le attitudini necessarie alle prestazioni loro richieste e conoscere la topografia del sotterraneo. Essi devono essere facilmente reperibili in caso di necessità.

##### *Attrezzatura delle squadre di salvataggio*

Art.101 L'attrezzatura necessaria per l'equipaggiamento delle squadre di salvataggio è custodita in adatto locale situato in prossimità dell'imbocco del sotterraneo e non può essere distratta per altri usi.

Oltre ai comuni attrezzi di lavoro, devono essere disponibili i necessari mezzi di emergenza, quali estintori, lampade di sicurezza, bretelle di salvataggio, apparecchi per la respirazione artificiale.

Devono essere disponibili autorespiratori ed indumenti protettivi ed incombustibili in numero corrispondente ai componenti la squadra di salvataggio ed agli elementi di riserva.

Deve essere altresì disponibile un adeguato numero di bombole di ossigeno di ricambio per gli autorespiratori.

L'attrezzatura ed i mezzi di cui ai commi precedenti devono essere mantenuti in condizioni di efficienza e di pronto impiego.

##### *Personale di soccorso*

Art. 102 Nei cantieri ove non sia obbligatoria la istituzione delle squadre di salvataggio debbono essere prescelti in numero adeguato e, in ogni caso complessivamente non inferiore a nove, lavoratori volontari idonei ad intervenire in operazioni di soccorso o di salvataggio.

Negli stessi cantieri devono essere tenuti disponibili almeno quattro autorespiratori con un numero adeguato di bombole di ossigeno di ricambio e gli altri mezzi di emergenza necessari.



### *Personale di riserva*

Art.103 Le squadre di salvataggio devono avere un adeguato numero di elementi di riserva per il rimpiazzo di componenti indisponibili o per il rafforzamento del servizio in caso di emergenza. Elementi di riserva devono altresì essere designati per il servizio di soccorso previsto dall'articolo precedente.

### *Addestramento professionale*

Art.104 I componenti delle squadre di salvataggio ed i lavoratori designati per il soccorso, nonché gli elementi di riserva, devono o essere addestrati e periodicamente allenati nell'uso di mezzi di protezione e di soccorso.

## **CAPO XIV**

### **NORME PENALI E FINALI 1**

#### *Contravvenzioni commesse dai datori di lavoro e dai dirigenti*

Art.105 I datori di lavoro e i dirigenti sono puniti:

- a) con l'arresto da tre a sei mesi o con l'ammenda da lire tre milioni a lire otto milioni per l'inosservanza delle norme di cui agli articoli 6, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 23, 29, 30, 33, 34,35 primo e secondo comma, 38 primo e secondo comma, 39,42 primo comma, 46 primo comma, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 54 secondo comma, 55, 72, 73, 74, 75, 77, 78, 79, 80, 84primo comma, 89, 95, 96, 97primo e secondo comma, 99, 100, 101, 102.

Alle stesse pcnalità soggiacciono i datori di lavoro e i dirigenti che non osservano le prescrizioni rilasciate dall'Ispettorato del lavoro ai sensi dell'art 30 ultimo comma;

- b) con l'arresto da due a quattro mesi o con l'ammenda da lire un milione a lire cinque milioni per l'inosservanza delle norme di cui agli articoli 7, 11, 18,22,24,26 primo comma, 27 primo, terzo, quarto e quinto comma, 28, 31,32 primo, secondo e terzo comma, 36,37,40,45 secondo comma, 53,57,61,62,63 primo e terzo comma, 64.65 lettere a), c), e d), 66,68,69,81,82,83,85,86,87 primo e secondo comma, 88 primo, secondo, terzo, quarto, quinto, ottavo e nono comma, 88 primo, secondo, terzo, quarto, quinto, ottavo e nono comma, 90, 91, 92, 94 primo, secondo e quarto comma, 103,104.

Alle stesse penalità soggiacciono i datori di lavoro e i dirigenti che non osservano le prescrizioni rilasciate all'Ispettorato di lavoro ai sensi degli articoli 88 sesto comma, 94 terzo comma;

- c) con l'arresto fino a tre mesi o con l'ammenda da lire cinquecentomila a lire due milioni per l'inosservanza delle norme di cui agli articoli 8.9.25 primo e quinto comma, 26 secondo comma, 44.46 secondo comma, 54 primo comma, 56, 58, 59, 60, 63 secondo comma, 93;
- d) con l'arresto fino a due mesi o con l'ammenda da lire cinquecentomila a lire un milionecinquecentomila per la inosservanza delle norme di cui agli articoli 12, 38 terzo comma, 67.

#### *Contravvenzioni commesse dai preposti*

Art. 106 I preposti sono puniti:

- a) con con l'arresto da uno a tre mesi o con l'ammenda da lire un milione a lire quattro milioni per l'inosservanza delle norme di cui agli articoli 19, 45, 47, 48, 49 primo, secondo e terzo comma, 50, 75 lettere a) e c), 77 terzo comma, 79,80.

- b) con l'arresto fino a due mesi o con l'ammenda da lire cinquecentomila a lire due milioni per l'inosservanza delle norme di cui agli articoli 10, 25 terzo e quarto comma, 27 quarto comma, 28 secondo e terzo comma, 58 primo comma, 59, 65 lettera a), c) e d), 76, 85 quinto comma.

---

<sup>1</sup> Le sanzioni penali sono aggiornate ai sensi dell'art. 26 del D.Lgs 758/94.

### ***Contravvenzioni commesse dai lavoratori***

Art.107 I lavoratori sono puniti:

- a) con l'arresto fino ad un mese o con l'ammenda da lire cinquecentomila a lire un milionecinquecentomila per l'inosservanza delle norme di cui agli articoli 28 secondo comma, 47 secondo comma, 75 lettera c), 100 terzo comma.
- b) con l'arresto fino a quindici giorni o con l'ammenda da lire duecentomila a lire ottocentomila per l'inosservanza delle norme di cui agli articoli 10, 12 primo comma, 25 secondo comma, 27 secondo comma, 58 secondo comma, 64 primo comma, 65 lettera b), 88 settimo comma.

### ***Decorrenza***

Art.108 Il presente decreto entra in vigore il 1°luglio 1956.

Il presente decreto munito del sigillo dello Stato, sarà inserito nella Raccolta ufficiale delle leggi e dei decreti della Repubblica Italiana.

E' fatto obbligo a chiunque spetti di osservarlo e di farlo osservare.