SERENGEO
GEOENGINEERING SERVICES

Ambiente Lavoro 2016 – BolognaFiere, 20-21 ottobre 2016

Corso di formazione "Grandi Opere Infrastrutturali: misure tecniche ed organizzative per la prevenzione e la tutela della salute dei lavoratori. L'esperienza delle Aziende USL e le proposte di Linee Guida Nazionali

La sicurezza nella fase di scavo e nei lavori a ridosso del fronte
Scavo di gallerie in formazioni grisutose

Prof. Ing. Paolo Berry, Ph.D. Ing. Carlo Cormio
20-10-2016

SERENGEO Srl | via U. Terracini, 28, 40131 Bologna | www.serengeo.com | P.IVA 03361021201

CC BY NC ND

Contenuti

- Introduzione alle NIR ed alle Linee Guida Nazionali

Lavori a ridosso del fronte

- Lavori al fronte: pericoli e misure preventive
- Obblighi, valutazione del pericolo, prevenzione
- Linea Guida n. 13
- Scavi in sotterraneo: cicli operativi e funzioni elementari
- Raccomandazioni della Linea Guida
- Tecnologie per la posa meccanizzata delle centine
- Esempi di incidenti al fronte

BY NC ND

Contenuti

Scavo di gallerie in formazioni rocciose e terreni grisutosi

- Rischio gas metano
- Quadro normativo a metà degli anni '90
- Linea guida n. 3
- Il Tecnico Specialista
- Modelli Emissivi
- Scavo meccanizzato in formazioni grisutose
- Linea Guida n. 6

BY NC ND

Introduzione alle NIR ed alle Linee Guida Nazionali

Le NIR hanno avuto origine verso la metà degli anni '90 con l'apertura dei cantieri per la realizzazione del progetto ferroviario Treno Alta Velocità (TAV) e del progetto autostradale Variante Autostradale di Valico (VAV) dell'Autostrada A1 e si sono sviluppate nell'arco di circa 17 anni (1998 – 2014) prendendo in considerazione numerose tematiche rilevanti per la sicurezza nei cantieri di scavo.

Sono il più aggiornato e specialistico supporto tecnico – scientifico rivolto a migliorare il livello di sicurezza e di tutela della salute dei lavoratori in cantieri di scavo sotterranei (gallerie).

In altri termini, rappresentano **best practices per l'esecuzione dei lavori di scavo in sicurezza e salvaguardando la salute, basate sui più aggiornati principi di buona tecnica**.

BY NC ND

Introduzione alle NIR ed alle Linee Guida Nazionali

Le NIR sono state originate dalla consapevolezza che per la realizzazione delle gallerie TAV e VAV :

- si sarebbero applicate tecnologie ed approcci dell'ingegneria degli scavi tra i più innovativi;
- si trattava di cantieri di notevoli dimensioni, quanto mai complessi, intensamente meccanizzati;
- la normativa vigente nella metà degli anni '90 presentava carenze rispetto all'evoluzione scientifica e tecnologica dell'ingegneria degli scavi oppure era «aspecifica» (cantieri temporanei e mobili), rispetto alla variabilità ed alla complessità statica e dinamica dei cantieri per lo scavo di gallerie (ogni cantiere di scavo è diverso, da qualsiasi altro, per tecniche, tecnologie, risorse e soluzioni organizzative).

Introduzione alle NIR ed alle Linee Guida Nazionali

Gli ottimi risultati, in termini di drastica riduzione degli incidenti, ottenuti applicando la NIR nelle Regioni Emilia – Romagna e Toscana sono da ascrivere

- all'approccio adottato dagli organi di controllo orientato verso la prevenzione più che verso la repressione;
- alla costante presenza nei cantieri;
- alla disponibilità a risolvere, con competenza, problemi esecutivi ed aspetti progettuali critici in accordo con progettisti, esecutori dell'opera ed ogni altro soggetto interessato;
- alla capacità di proporre soluzioni tecniche ed organizzative alternative.

BY NC ND

Introduzione alle NIR ed alle Linee Guida Nazionali

Le indicazioni tecniche di ingegneria degli scavi contenute nella Linea Guida n. 13 sono basate sui risultati dell'analisi dettagliata:

- delle modalità operative nei numerosissimi cantieri di scavo TAV e VAV che sono stati e sono attivi nelle Regioni Emilia Romagna e Toscana (circa 150 km di gallerie);
- del limitato numero di incidenti;
- delle condizioni di potenziale pericolo (ad esempio, crolli di masse che non hanno investito persone o macchine).

Oggi le NIR, opportunamente riviste ed aggiornate, sono in corso di approvazione come Linee Guida Nazionali.

BY NC ND

Lavori a ridosso del fronte

BY NC ND

Lavori al fronte: pericoli e misure preventive

I lavori a ridosso del fronte sono tra i più pericolosi perché impongono la permanenza di operatori in prossimità di vaste superfici appena scavate che possono dare origine a rilasci e crolli di cunei o frammenti di roccia o masse di terreno incoerente. Il problema è presente nelle gallerie di piccola sezione ed in maggiore misura in quelle di grande sezione.

BY NC ND

Raccomandazioni organizzative e procedurali per ridurre il pericolo di infortunio

- Soluzioni progettuali che tutelino al massimo livello la sicurezza dei lavori al fronte;
- Presenza del Responsabile dei lavori al fronte;
- Adozione delle più recenti soluzioni organizzative, tecniche e tecnologiche;
- Disgaggio attento e puntuale con mezzi e procedure idonee eseguito da personale esperto;
- Adozione di piattaforme elevabili montate su braccio con FOPS.

BY NC ND

Obblighi, valutazione del pericolo, prevenzione

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

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

BY NC ND

Obblighi, valutazione del pericolo, prevenzione

Il **Progetto**, il **PSC** ed i **POS** delle singole imprese, ognuno per quanto di competenza, devono contenere la valutazione del rischio di infortunio da caduta gravi a ridosso del fronte, comprensiva delle misure di prevenzione, con gli aggiornamenti necessari.

L'analisi deve considerare:

- le caratteristiche geostrutturali e geomeccaniche dell'ammasso ed il suo comportamento statico alla piccola scala in fase di scavo,
- il metodo e la tecnica di scavo (con esplosivo o meccanizzato);
- il tipo di macchine operatrici utilizzate;
- l'entità dello sfondo e la velocità di avanzamento;
- il tipo di intervento di prima fase e le modalità di realizzazione.

BY NC ND

Linea Guida n. 13

La Linea Guida n. 13 fornisce soluzioni ingegneristiche e procedure organizzative del cantiere rivolte a **ridurre il pericolo** che i lavoratori impegnati nella zona limitrofa al fronte di scavo siano colpiti da elementi di roccia o di terreno che si staccano da superfici della zona prossima al fronte.

La Linea Guida considera cantieri per la costruzione di gallerie molto ampie (tipicamente le moderne gallerie autostradali e ferroviarie), il cui l'avanzamento si consegue con tecnica tradizionale e metodo a piena sezione.

BY NC ND

Linea Guida n. 13

Per la tutela della sicurezza dei lavoratori la Linea Guida sollecita:

- committenti, imprese costruttrici, progettisti, a considerare e/o acquisire soluzioni tecniche e tecnologiche, già disponibili nel mercato, che rendano possibile la sostituzione di quote di lavoro manuale al fronte con soluzioni meccanizzate e/o robotizzate;
- fabbricanti di macchine e di attrezzature per scavi di gallerie a realizzare soluzioni d'avanguardia, indirizzate ad una riduzione dei rischi associati alle fasi pericolose.

BY NC ND

Cicli operativi e funzioni elementari

Alcune fasi di lavoro sono estremamente pericolose perché impongono di operare a ridosso di pareti «fresche di scavo» (fronte, pareti e calotta) che sono caratterizzate da pericolo di caduta di gravi (roccia, terreno, porzioni di spritz beton).

Esempio di lavorazioni o fasi di lavoro con pericolo di caduta gravi:

- messa in opera delle centine, collegamento con catene e controllo del corretto allineamento;
- messa in opera del puntone;
- messa in opera di elementi strutturali per il consolidamento di prima fase;
- Caricamento dell'esplosivo nei fori da mina.

BY NC ND

Prerivestimento

Sostiene temporaneamente lo scavo fino al rivestimento definitivo, per evitare problemi di rilascio di materiale. Può essere realizzato con la posa in opera di centine, di bulloni radiali, bulloni spot, o l'applicazione di spritz beton.

Con il jumbo si realizzano fori di piccolo diametro nella volta della galleria secondo uno schema preordinato. I bulloni sono assemblati a terra e successivamente, con l'ausilio di un ponte sviluppabile, due operatori provvedono a posizionarli nei fori.

La messa in opera delle centine è un'azione che può indurre il distacco e crollo di porzioni del contorno. È un'operazione ad alto livello di pericolo di caduta gravi.

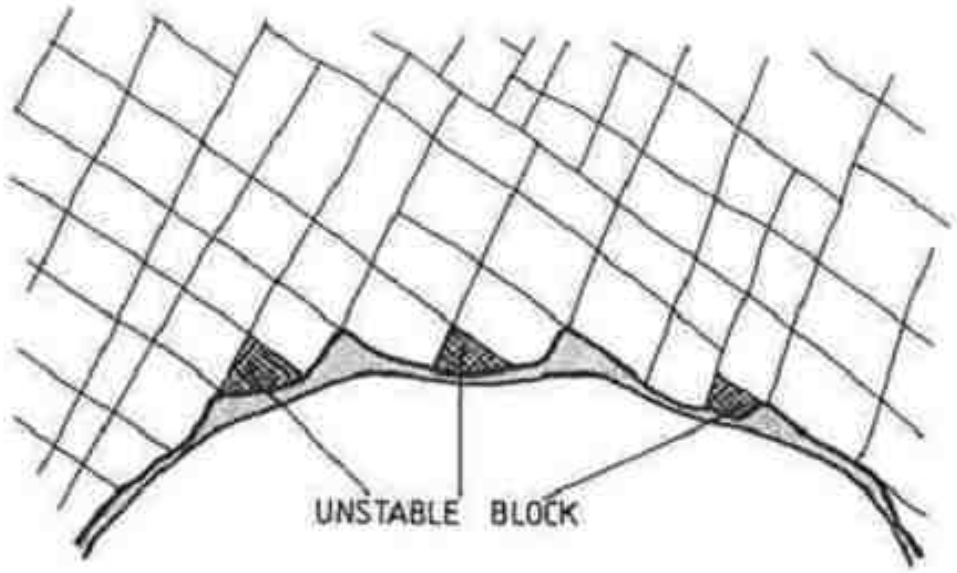
BY NC ND

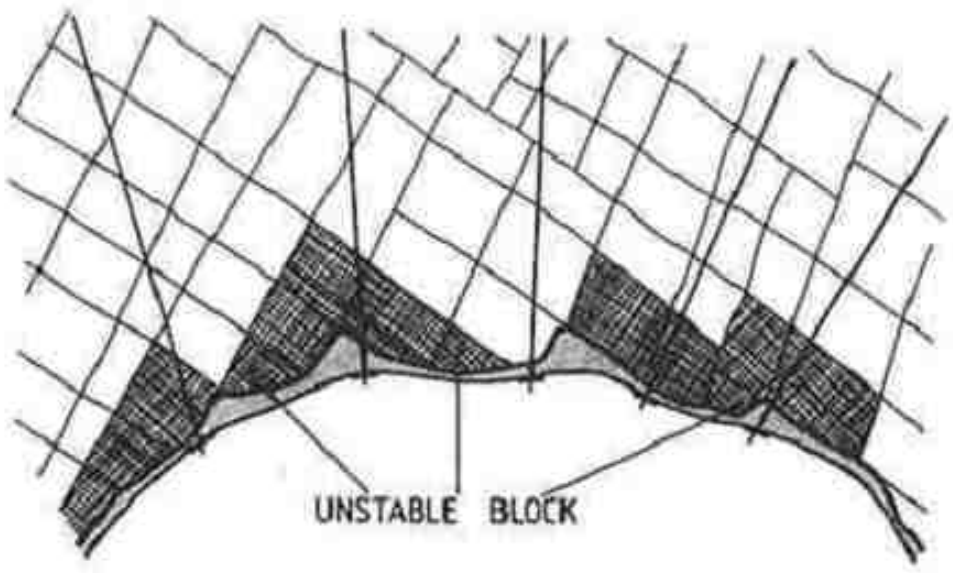
Prerivestimento

Per consolidare e mettere in sicurezza la zona dove è stato posato il prerivestimento (centine, catene, reti) si applica uno strato di spritz beton, per legare tra loro le centine e costipare i vuoti tra centina e parete dello scavo. Le modalità operative, i mezzi e gli addetti sono i medesimi della posa di spritz beton previsto nella fase di preconsolidamento.

BY NC ND

Prerivestimento con spritz-beton e bulloni





BY NC ND

Prerivestimento: perforazione per bullontura

BY NC ND

Prerivestimento con centine metalliche

BY NC ND

Raccomandazioni della Linea Guida

La Linea Guida affronta il tema della sicurezza dei lavoratori che operano nelle zone in cui è stato realizzato il rivestimento di prima fase o pre-rivestimento o dove le pareti sono «nude» o «fresche di scavo».

A tutela della sicurezza rispetto al problema caduta gravi la Linea Guida fornisce raccomandazioni dettagliate su:

- ruolo della progettazione
- sistema di controllo (Tecnico competente preposto al fronte)
- disgaggio
- strutture di protezione
- tecnologie per la robotizzazione del lavoro manuale al fronte

BY NC ND

Il ruolo della progettazione

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

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

BY NC ND

Il ruolo della progettazione

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

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

BY NC ND

Il ruolo della progettazione

Il progetto deve valutare la possibilità di adottare le più recenti soluzioni tecniche disponibili a minore intensità di lavoro manuale ed in grado di tutelare, al massimo livello desumibile dai più avanzati risultati della ricerca tecnologica e gestionale, i lavoratori esposti al pericolo di impatto da caduta di porzioni di roccia o terra.

I criteri di scelta delle tecnologie, delle macchine operatrici, dei cicli di lavoro sono molto elastici e possono dare luogo a numerose combinazioni tra le quali scegliere la più idonea a garantire elevati livelli di sicurezza.

BY NC ND

Raccomandazioni della Linea Guida

Ogni fase di lavoro con personale a ridosso del fronte va analizzata nelle singole operazioni che la compongono, per individuare le azioni più efficaci per ridurre il rischio di investimento del personale da processi di instabilità locale e puntuale. Tale analisi deve considerare:

1) l'ottimizzazione del numero di operazioni che compongono la fase, ottenibile adottando una diversa tecnologia o modificando l'organizzazione;
2) la sostituzione operazioni manuali con operazioni robotizzate o meccanizzate, svolte da operatori in posizione sicura rispetto alle potenziali instabilità locali;
3) l'ottimizzazione della durata delle operazioni di ciascuna fase e del numero di operatori al fronte, ottenuta con un'attenta analisi gestionale ed organizzativa del processo lavorativo;

BY NC ND

Raccomandazioni della Linea Guida

Ogni fase di lavoro con personale a ridosso del fronte va analizzata nelle singole operazioni che la compongono, per individuare le azioni più efficaci per ridurre il rischio di investimento del personale da processi di instabilità locale e puntuale. Tale analisi deve considerare (segue):

...

4) l'accurata progettazione/definizione in termini di sicurezza delle fasi/operazioni da compiere, delle attrezzature e delle procedure di lavoro, del sistema delle responsabilità e delle autorizzazioni e dei controlli in cantiere;

5) la puntuale e continua gestione e verifica di quanto pianificato.

BY NC ND

Raccomandazioni della Linea Guida

Il rischio residuo si elimina:

a) garantendo condizioni della zona soggetta ad impatto adatte per un'agile e rapida fuga. Pertanto il piano di calpestio deve essere mantenuto sgombero da ogni elemento od ostacolo ed evitate tutte le lavorazioni che possono impedire la fuga dalla zona soggetta a caduta di gravi;

b) vietando lo svolgimento contemporaneo di più azioni elementari al fronte (disgaggio, smarino, perforazione, abbattimento meccanico, ecc.);

c) riducendo i lavoratori al numero strettamente indispensabile per lo svolgimento della singola azione elementare;

d) limitando il tempo di permanenza degli operatori in prossimità del fronte.

BY NC ND

Raccomandazioni della Linea Guida

L'applicazione delle voci a), b), c) limita allo stretto indispensabile gli scenari che devono essere tenuti sotto controllo dall'operatore prossimo al fronte e dal Preposto al fronte.

Il rispetto di a) e b) evita la possibilità di infortunio poiché permette una fuga agile, secondo il percorso più breve privo di ostacoli.

L'applicazione delle voci b), c) e d) permette di prevenire l'infortunio in quanto l'attenzione dell'operatore è limitata:

- al lavoro che sta eseguendo;
- alle pareti da cui potrebbe avere origine il distacco di gravi e riduce il numero degli operatori esposti.

Il lavoro manuale a ridosso del fronte inizia solo dopo verifica delle condizioni di sicurezza da parte del «Preposto al fronte» e conseguente sua esplicita autorizzazione.

BY NC ND

Il Tecnico competente preposto al fronte

Le Linee Guida, in analogia a numerose norme internazionali, introducono la figura del **"Preposto al fronte" (Competent Person)**. Questo è un tecnico dedicato a sovrintendere alle lavorazioni al fronte che possiede esperienza documentata nella valutazione delle condizioni di stabilità alla piccola scala del fronte e delle pareti potenzialmente soggette a distacchi.

Il "Tecnico competente preposto al fronte" deve essere in grado di dirigere, sulla base di una valutazione oggettiva delle condizioni di sicurezza, le operazioni a ridosso del fronte e, nel corso delle attività, di prevedere tempestivamente condizioni di crollo o rilascio da porzioni, comunque limitate, delle superfici fresche di scavo.

CC BY NC ND

Il Tecnico competente preposto al fronte

Un preciso sistema di controllo, verifica e responsabilizzazione in cantiere vede coinvolti il CSE, il Direttore di Cantiere ed il Tecnico competente preposto al fronte, per quanto di loro competenza su:

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

BY NC ND

Il Tecnico competente preposto al fronte

La Direzione di Cantiere deve fornire al Tecnico competente preposto al fronte un documento che contenga la procedura per autorizzare l'accesso alla zona rischiosa. Tale documento (cfr. Allegato B alla Linea Guida) deve indicare i criteri di valutazione dello stato del fronte, (es., esame dell'accuratezza del disgaggio, condizioni dell'ammasso, spessore e tempi di presa del pre-spritz).

Il Tecnico competente preposto al fronte, deve essere esperto e formato sui controlli da effettuare per autorizzare gli accessi, e sulle corrette tecniche, attrezzature e procedure per i lavori al fronte. Il Preposto al fronte deve rimanere sul posto e vigilare sul rispetto delle misure di sicurezza stabilite, fino al completamento delle lavorazioni a rischio.

BY NC ND

Il Tecnico competente preposto al fronte

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

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

BY NC ND

Il Tecnico competente preposto al fronte

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

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

BY NC ND

Disgaggio

Il disgaggio è un'attività volta a garantire la sicurezza dei lavoratori operanti a ridosso del fronte. Neutralizza le condizioni di instabilità locale o puntuale, non considerate nel progetto statico della galleria che si occupa dei problemi di stabilità globale.

Disgaggio indica lo scalzamento, la rimozione, con operazione manuale, di frammenti di roccia potenzialmente instabili, tramite una leva con una delle due estremità a forma di punta e dall'altra a forma di unghia.

Deve essere eseguito prima di ogni operazione prossima alla superficie di contorno della cavità ottenuta con l'avanzamento del fronte e deve essere condotto sulla base dei risultati dell'esame accurato della superficie da "bonificare" (fronte e pareti dello scavo).

BY NC ND

Disgaggio

Prevede un'esame accurato della superficie dove potrebbero essere presenti frammenti di roccia potenzialmente instabili, e deve essere eseguito da personale esperto nella valutazione dei potenziali fenomeni di instabilità e degli effetti indotti dalle azioni di disgaggio.

Se il disgaggio è mal eseguito o condotto con attrezzatura impropria può portare, a trascurare porzioni instabili oppure ad estendere i processi di instabilità.

Poiché la sezione delle gallerie ha un ampio "diametro equivalente", la valutazione delle condizioni di instabilità puntuale può essere efficace solo portando "in quota" il Tecnico competente preposto al fronte per esaminare a distanza ravvicinata le pareti da disgaggiare ed effettuare saggi sulle condizioni delle superfici "fresche" di scavo.

BY NC ND

Disgaggio

Il Tecnico competente preposto al fronte deve anche guidare l'operatore durante tutta l'azione del disgaggio indicando le porzioni di superficie che devono essere sottoposte all'intervento di bonifica con "scalzamento" e l'intensità dell'intervento stesso.

Si possono considerare due condizioni limite:

1) superfici di scavo ottenute con la tecnica della perforazione e sparo o con martello demolitore in massicci rocciosi di elevata resistenza;
2) superfici di scavo ottenute con macchina operatrice munita di benna rovescia dentata o di ripper in formazioni poco resistenti.

BY NC ND

Disgaggio

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

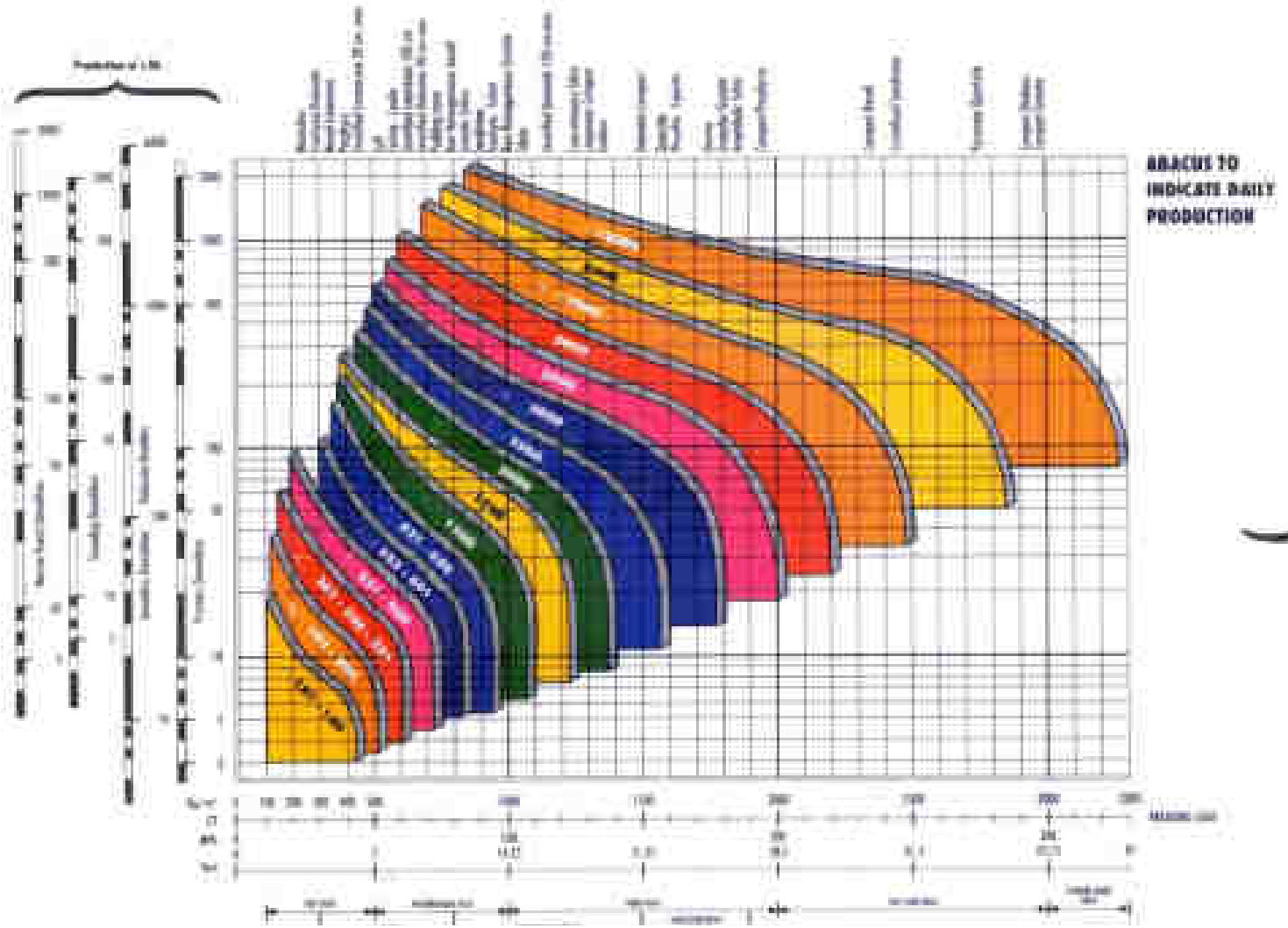
La pratica generalizzata del disgaggio con il martello demolitore utilizzato per l'avanzamento è errata, poiché la maggior parte dell'energia è trasferita a porzioni di roccia sana, fratturandole e rendendole instabili (propagazione dell'instabilità).

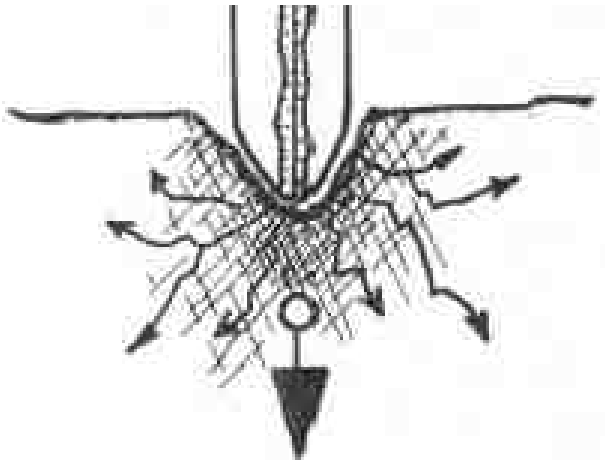
Numerose ricerche scientifiche hanno dimostrato l'ampliamento e la propagazione dello stato di fratturazione indotti da martelli demolitori utilizzati impropriamente come "disgaggiatori". Tali ricerche suggeriscono, in alternativa, soluzioni manuali o meccanizzate.

BY NC ND

Raccomandazioni della Linea Guida

Disgaggio





BY NC ND

Disgaggio

Le soluzioni meccanizzate, però, devono essere meno invasive di quelle esercitate dal martello demolitore e devono essere riconducibili all'azione che esercita il palanco incuneato nelle discontinuità che isolano cunei potenzialmente instabili.

L'azione del palanco è una sollecitazione statica, associata ad una rotazione, assai contenuta, della barra d'acciaio (leva) che provoca l'estrazione della porzione rocciosa.

Anche nei cantieri ad intensa meccanizzazione, il disgaggio deve essere eseguito con macchine in grado di riprodurre le azioni manuali eseguite con i palanchi oppure con macchine in grado di esercitare azioni dinamiche (colpi), a basso contenuto energetico, sulle porzioni instabili.

Disgaggio

Il disgaggio deve essere effettuato con punte quali quelle dei martelli disgaggiatori, già presenti sul mercato, che sono decisamente meno pesanti di quelle impiegate per l'avanzamento, e devono essere dotate di snodi.

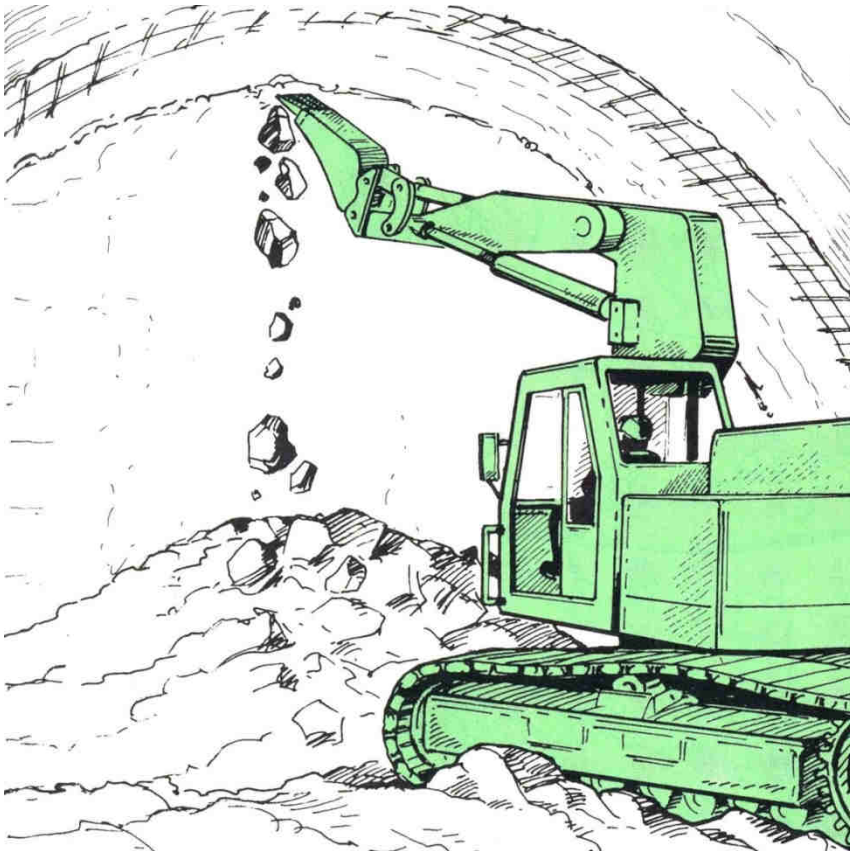
Nel caso di formazioni poco resistenti lo scavo del fronte si ottiene con escavatore, munito di benna rovescia dentata o di ripper, talora integrati da martello demolitore.

Le due fasi di avanzamento del fronte e del disgaggio tendono a non avere soluzione di continuità (sono due funzioni del tutto simili). Solitamente gli escavatori e gli utensili sono utilizzati per le due diverse fasi (produzione e disgaggio).

BY NC ND

Disgaggio

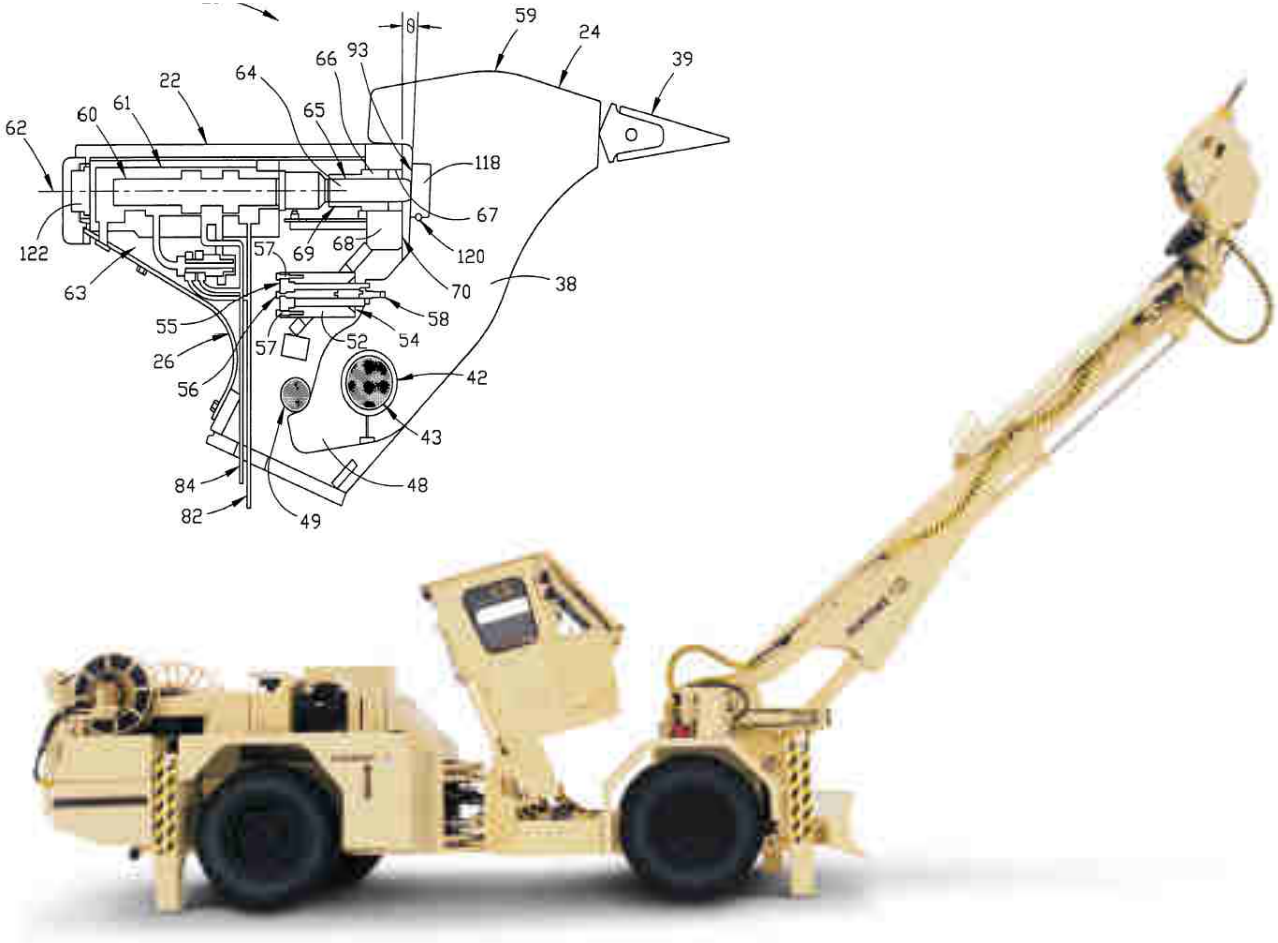
Disgaggio meccanizzato



BY NC ND

Disgaggio

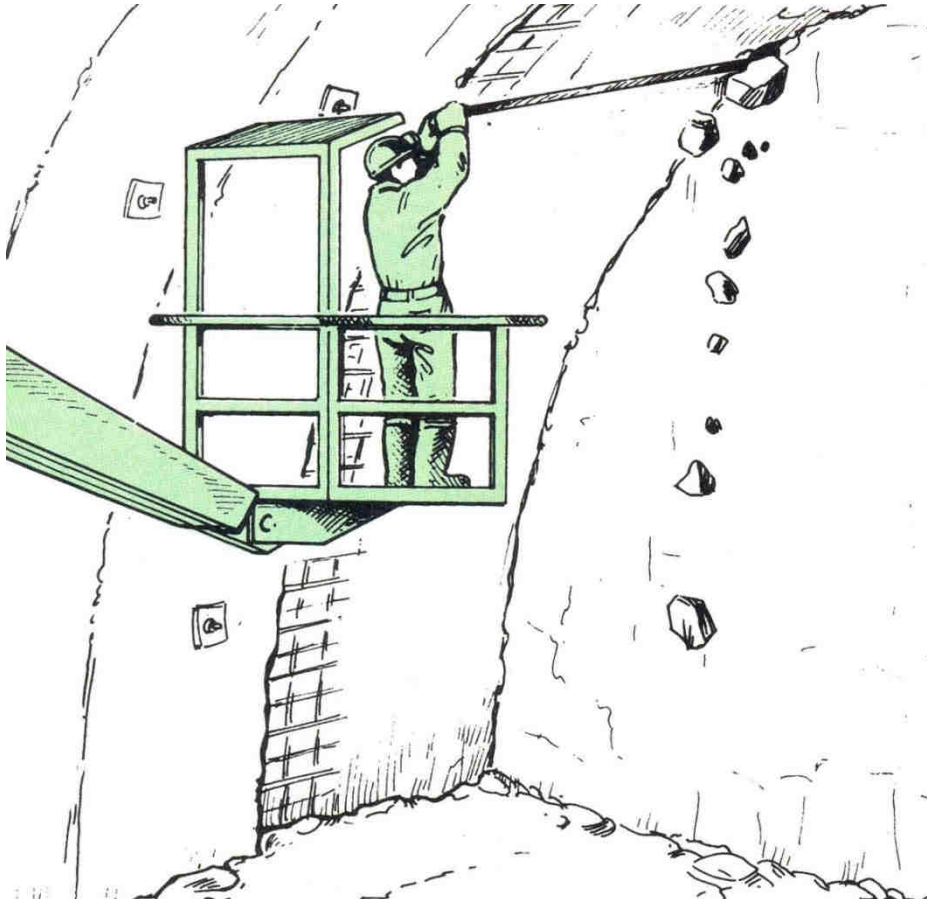
Esempi di disgaggiatori meccanici



BY NC ND

Disgaggio

Disgaggio manuale con operatore portato in quota



BY NC ND

Disgaggio

Esempi di disgaggiatori manuali

BY NC ND

Stabilizzazione del fronte e del contorno dello scavo

Nelle formazioni poco resistenti, la stabilizzazione di porzioni disarticolabili di terreno/roccia deve essere affidata a:

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

BY NC ND

Stabilizzazione del fronte e del contorno dello scavo

Solitamente il progetto stabilisce uno spessore di spritz sul fronte e sulle pareti limitato a isolare il terreno/roccia dall'aria di ventilazione e dall'umidità dell'aria (depauperamento del contenuto d'acqua o decadimento delle caratteristiche geomeccaniche causato dall'assorbimento dell'acqua).

Il progettista deve stabilire lo spessore di spritz in grado di impedire frane a carattere locale ed il tempo massimo di efficacia rispetto al contenimento di masse instabili.

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

BY NC ND

Strutture di protezione per piattaforme elevabili

L'esecuzione di un accurato disgaggio e del pre-spritz non esonera dal dovere di garantire la rispondenza delle piattaforme elevabili che operano a ridosso del fronte alle esigenze di tutelare i lavoratori, che operano a bordo delle stesse, dall'impatto con gravi che si distaccano dalle superfici di scavo. La struttura di protezione:

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

BY NC ND

Strutture di protezione per piattaforme elevabili

Deve essere utilizzata, come riferimento tecnico la norma UNI EN ISO 3449, che disciplina le strutture di protezione delle cabine delle macchine movimento terra contro la caduta di oggetti (FOPS, FGPS) ed i correlati requisiti di prestazione.

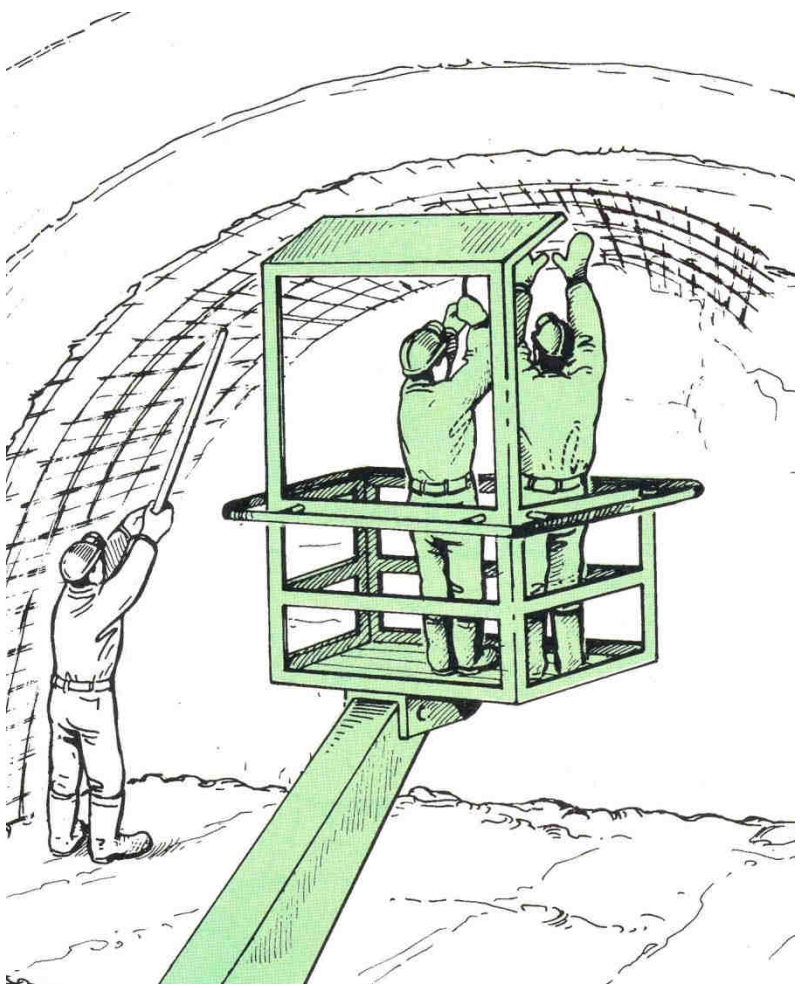
La protezione della piattaforma non deve impedire lavorazioni sulla volta della galleria al di sopra della protezione stessa.

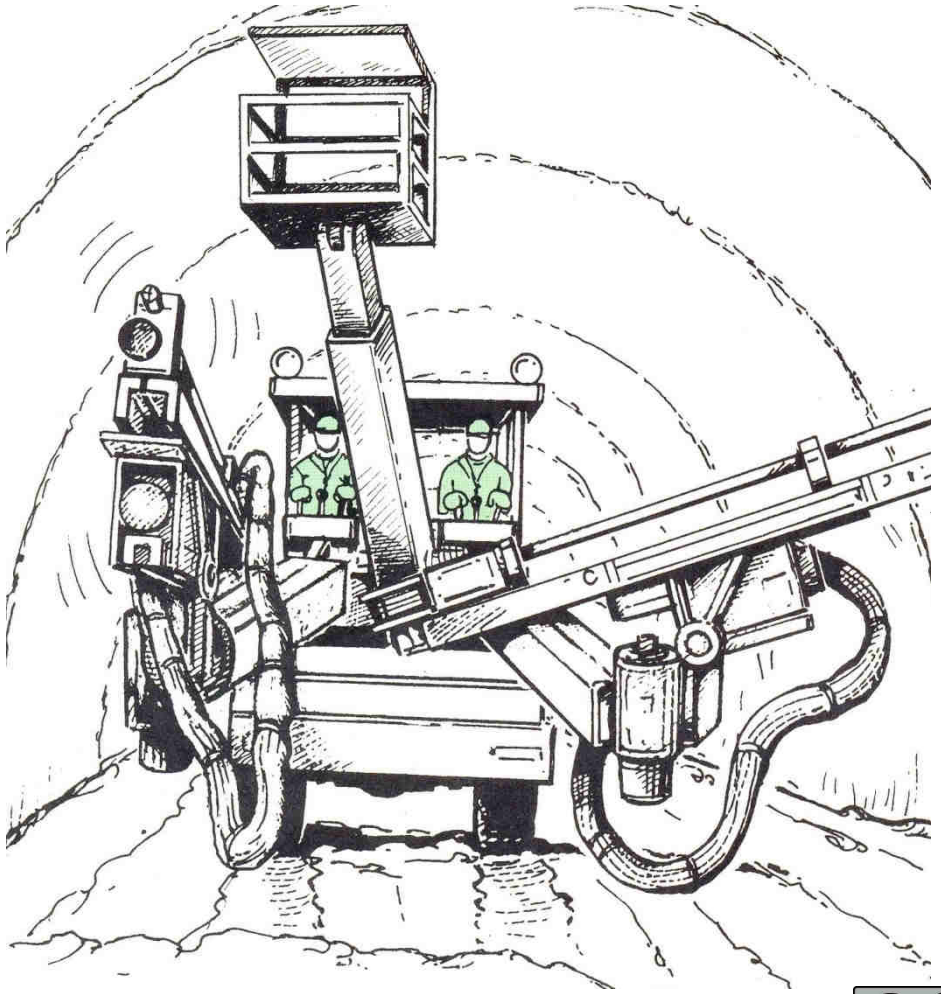
La morfologia della piattaforma e della sua protezione deve permettere anche l'accostamento al profilo curvilineo della volta della galleria, in modo tale da permettere il lavoro evitando che le maestranze pongano in essere comportamenti a rischio. Tale obiettivo si può ottenere ad esempio attraverso opportune rastremature degli spigoli del tetto di protezione e della navicella.

BY NC ND

Strutture di protezione per piattaforme elevabili

Piattaforme con struttura protettiva FOPS





CC BY NC ND

Strutture di protezione per piattaforme elevabili

Piattaforme con struttura protettiva FOPS

BY NC ND

Posa della centina

La pericolosità di questa operazione (posa della centina) è rappresentata da diversi fattori, quali ad esempio:

- la necessità di portare il personale addetto alla posa della centina a diretto contatto con il fronte di scavo, potenzialmente instabile alla scala di elementi di roccia o terra di dimensioni limitate;
- la prolungata esposizione del personale alle instabilità puntuali del fronte durante le operazioni di serraggio dei bulloni e di posa delle catene e della rete elettrosaldata.
- Il contatto tra centina e perimetro del cavo che può favorire il distacco di porzioni di roccia anche di notevoli dimensioni;

BY NC ND

Posa della centina

La pericolosità di questa operazione (posa della centina) è rappresentata da diversi fattori, quali ad esempio (segue):

- il serraggio imperfetto dei bulloni, per incuria o per la fretta di allontanarsi il più velocemente possibile dal fronte potenzialmente instabile, con conseguente convergenza del cavo.
- la non corretta saldatura della piastra di accoppiamento in chiave, che a seguito della sollecitazione dovuta alla presa del posa - centina può portare alla rottura dell'elemento;
- la non uniforme distribuzione del pre - spritz.
- l'imperizia di personale non adeguatamente formato.

BY NC ND

Posa della centina

BY NC ND

Centina sicura e centina tubolare pre-assemblata

La centina sicura e la centina tubolare pre-assemblata costituiscono soluzioni tecniche innovative ed efficaci che annullano i pericoli connessi ad una delle lavorazioni più critiche nello scavo di gallerie.

Le soluzioni tecnologiche sviluppate e realizzate consentono di soddisfare diversi aspetti di primaria importanza:

- sicurezza (assenza di personale al fronte);
- flessibilità (adattabile a tutti i tipi di sezioni, anche a raggio variabile);
- semplicità di applicazione (utilizzo di mezzi d'opera standard manovrabili da personale qualificato);
- rapidità di applicazione (tempo di messa in opera compreso tra 10 e 20 minuti).

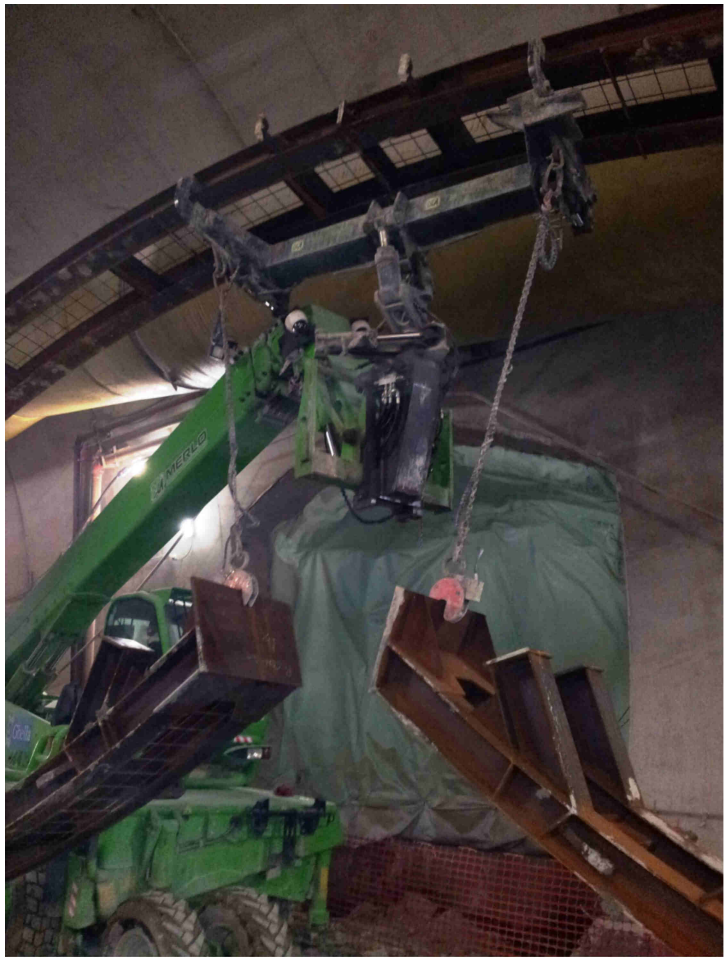
BY NC ND

Centina sicura

BY NC ND

Centina sicura

Fari di profondità, telecamere, pinze di sgancio dei piedritti



BY NC ND

Centina sicura

Sollevamento, posizionamento in calotta, fissaggio dei piedritti

CC BY NC ND

Centina sicura

Dettagli del sistema (cabina, innesto calotta-piedritti, collegamento con centine già posate)

BY NC ND

Centina sicura

Confronto risorse impiegate (centina sicura vs tradizionale)

RISORSE IMPIEGATE	Centina tradizionale	Centina sicura
Personale	**5**	**2**
caposqudra	1	1
operatore	2	1
minatori	2	-
Macchine operatrici	**2**	**1**
Posacentine	1	1
Sollevatore	1	-

BY NC ND

Centina tubolare pre-assemblata

Sistema centina tubolare pre-asemblata (dettaglio del piedritto)

BY NC ND

Centina tubolare pre-assemblata

Catena autobloccante

BY NC ND

Incidente mortale per crollo al fronte

cc BY NC ND

Esempi di incidenti al fronte

Incidente mortale per crollo al fronte

Descrizione del cantiere

- Lo scavo al fronte è realizzato con esplosivo.
- Le caratteristiche geologiche e geomeccaniche della formazione rocciosa prevedono la posa del pre-spritz e la bullonatura, la posa delle centine.
- Al fronte opera una squadra di 6 lavoratori, che devono avere competenze e titoli per lo svolgimento delle mansioni richieste dal ciclo operativo adottato.

BY NC ND

Incidente mortale per crollo al fronte

Il fatto

- Il disgaggio risulta completato, e lo spritz-beton è stato spruzzato;
- Un lavoratore porta degli Swellex al fronte per l'intervento di bullonatura.
- Il distacco di circa 9 m^3 di materiale roccioso dal contorno della galleria investe il lavoratore, provocandone la morte.

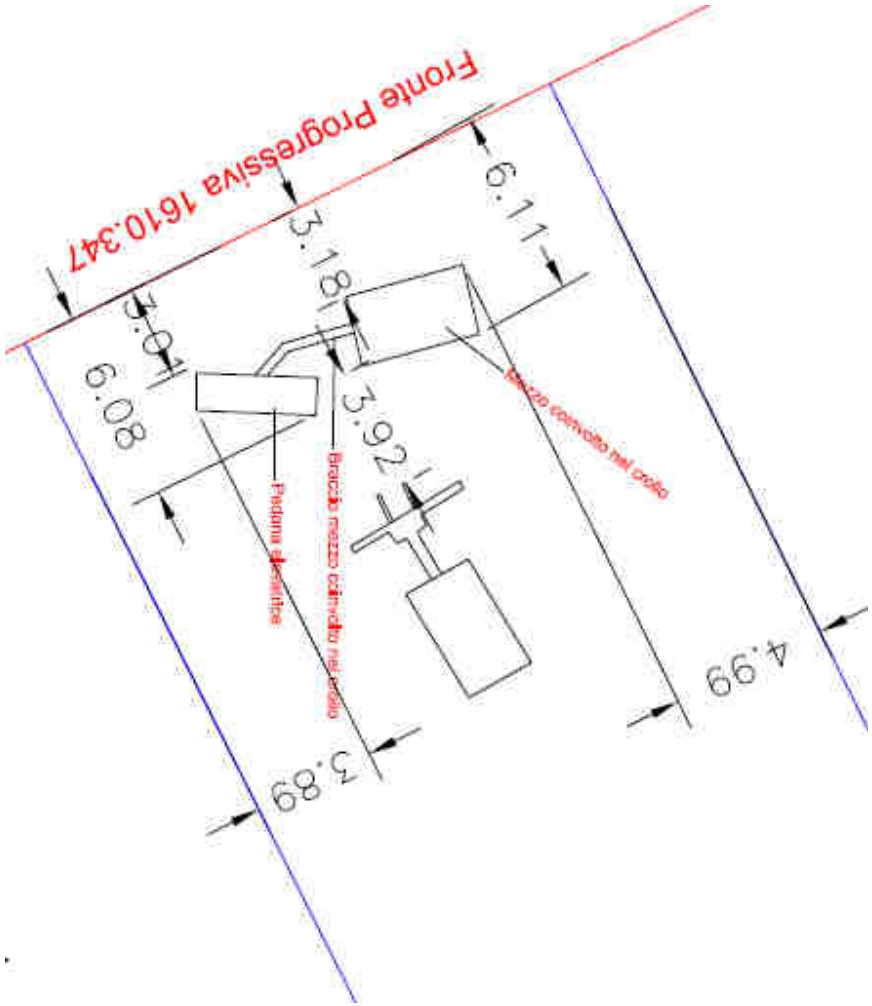
CC BY NC ND

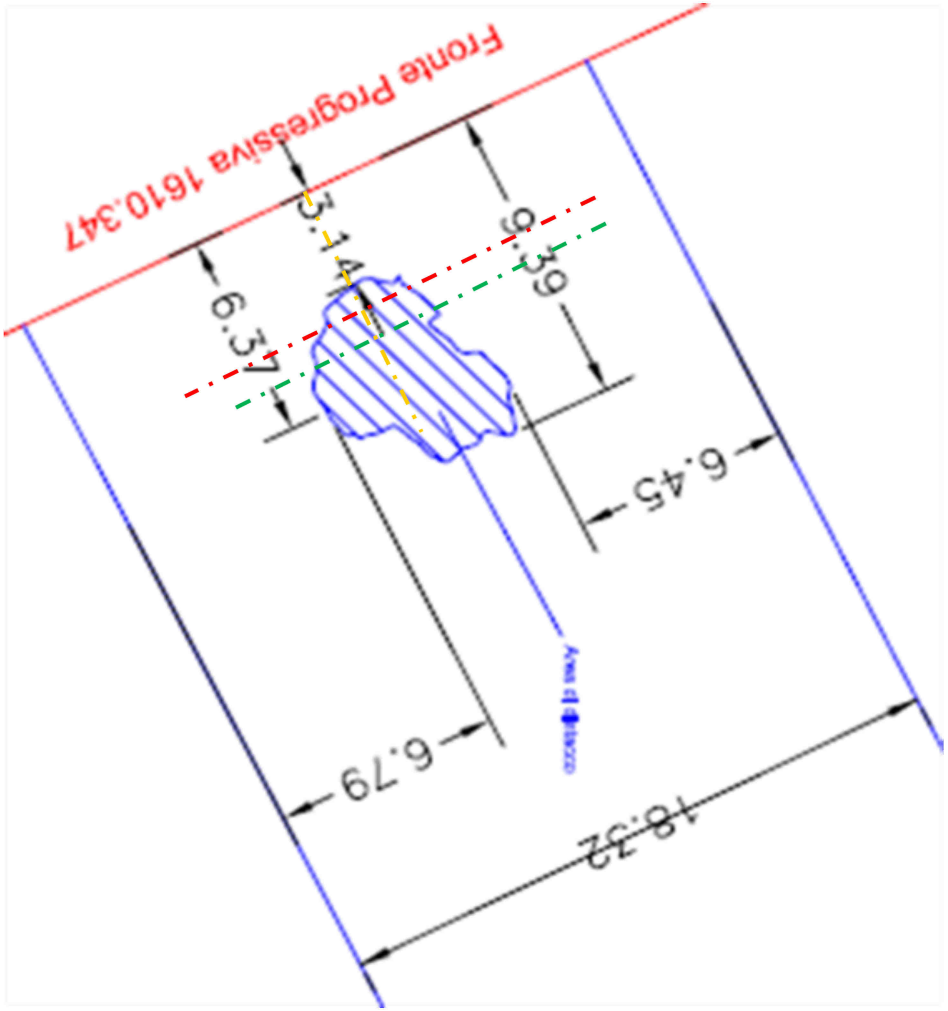
Incidente mortale per crollo al fronte

BY NC ND

Esempi di incidenti al fronte

Incidente mortale per crollo al fronte





Esempi di incidenti al fronte

Incidente mortale per crollo al fronte

Dimensione dei frammenti di roccia (da 20 a 100 kg l'uno)

BY NC ND

Esempi di incidenti al fronte

Incidente mortale per crollo al fronte

Le cause del crollo

- La sezione tipo adottata non è quella corretta (mancato rilievo di dettaglio da parte di personale specializzato);
- Il disgaggio è stato eseguito parzialmente e con martello demolitore;
- Lo sfondo è superiore rispetto a quello previsto per la sezione adottata (peraltro inadeguata);
- La volata non è correttamente dimensionata;
- Il jumbo non è provvisto di sistema di tracciamento computerizzato;

BY NC ND

Incidente mortale per crollo al fronte

Le cause del crollo

- Il sistema di controllo e responsabilità non è stato rispettato;
- Le indicazioni di progetto non sono state seguite appropriatamente;
- I ritmi di produzione sono molto superiori al dovuto, con conseguente impatto sulle condizioni di lavoro (scarsa attenzione, fretta, stanchezza);
- La squadra si rivela non adeguatamente formata per lo svolgimento delle attività al fronte, ed il preposto non assolve alla sua funzione.

BY NC ND

Scavo di gallerie in formazioni rocciose e terreni grisutosi

BY NC ND

Rischio gas metano

Il pericolo di esplosioni o incendi da innesco di miscele aria – metano, durante lo scavo di gallerie in formazioni grisutose, impon l'adozione di specifiche misure di sicurezza a tutela dei lavoratori e dell'opera.

Il metano è presente in maniera diffusa, ed in alcuni casi massiva, nel sottosuolo di tutto l'arco appenninico, dalle pre-Alpi alla Sicilia.

Lo scavo di gallerie in formazioni grisutose non ha riguardato solo le opere realizzate lungo l'appennino tosco – emiliano, ma anche numerosi cantieri lungo tutta la penisola italiana (Terzo Valico dei Giovi in Liguria, Acquedotto del Sele – Calore in Campania, S.S. 106 Jonica in Calabria ed A3 Salerno – Reggio Calabria in Basilicata, solo per citarne alcune).

BY NC ND

Rischio gas metano

Nel 1997, all'avvio dei lavori per la realizzazione del progetto TAV nella tratta Bologna – Firenze, il Centro Studi e Ricerche in Ingegneria Mineraria e degli Scavi (SRIM) dell'UNIBO, consulente scientifico dell'ASL Bologna, stima che gli scavi sotterranei dell'intera tratta dovranno fronteggiare emissioni di gas metano caratterizzate da variabilità dei parametri di flusso e dalla limitata prevedibilità.

L'Organo di Vigilanza si trova di fronte alla decisione di applicare le norme vigenti, datate ed inadeguate, o di varare norme più efficaci in grado di migliorare i livelli di sicurezza attraverso adeguate soluzioni tecnico – ingegneristiche basate sul più avanzato stato delle conoscenze.

Quadro normativo a metà degli anni '90

Norme vigenti

Nel 1997 il riferimento normativo è il Capo X "Scavo in terreni grisutosi" del DPR 320/1956.

Le prescrizioni della norma vanno applicate all'intera galleria, anche se si sospetta o se si è riscontrata la presenza del gas in un tratto limitato dell'opera.

Il Capo X non fornisce linee guida e standard tecnici utili per la progettazione e l'esecuzione delle gallerie in terreni grisutosi.

BY NC ND

Le Note Inter Regionali

Le Regioni Emilia Romagna e Toscana, traducono i risultati degli Studi condotti dal SRIM sugli scavi in ammassi grisutosi nella «Grisù 1ª edizione» (1998, NIR n. 1), corredata di procedure riguardanti la sicurezza, le concentrazioni di allarme, di sospensione lavori e di evacuazione del sotterraneo.

La NIR n. 1 è il primo esempio di «norma di buona tecnica» emanata da Amministrazioni Regionali, colma carenze legislative di settore, risponde all'evoluzione dello stato delle conoscenze scientifiche, tecniche, organizzative e gestionali.

Oggi le NIR n. 1, 5, 28, rivisitate ed aggiornate, sono confluite nella Linea Guida n. 3.

BY NC ND

Temi trattati

- Metodi di indagine per la caratterizzazione degli ammassi grisutosi;
- Raccomandazioni per:
  - l'individuazione delle aree a rischio di accumulo del gas e di innesco dell'esplosione nel cantiere;
  - la configurazione e la conduzione del cantiere di scavo;
  - la progettazione della rete di ventilazione ed il controllo della sua efficienza;
  - Il controllo dei tenori di gas nel cantiere;
  - La classificazione delle gallerie.

Classificazione della galleria per tratti omogenei

- Classe 0: flussi di gas non previsti;
- Classe 1a: possibilità remota di flussi di gas;
- Classe 1b: possibili flussi di gas di portata modesta;
- Classe 1c: possibili flussi di gas discontinui e non frequenti;
- Classe 2: possibili flussi di gas significativi, continui o discontinui.

BY NC ND

Campo di applicazione della Linea Guida

La Linea Guida si applica a gallerie realizzate con tecnica tradizionale, scavo a piena sezione e grande diametro (fronti di scavo di dimensione areale superiore a 70 m^2).

L'indice di classifica è applicato al tratto di galleria "omogeneo" rispetto alle soluzioni ingegneristiche adottate ed alle caratteristiche di flusso del metano.

CC BY NC ND

Il Tecnico Specialista

Laureato in discipline ingegneristiche o geologiche, iscritto all'albo professionale, in possesso di documentata esperienza nella:

- classificazione degli "ammassi sospetti", intesi come emettitori di gas;
- caratterizzazione di trappole e serbatoi di idrocarburi contenuti nelle formazioni attraversate dall'opera;
- caratterizzazione dell modalità di connessione idraulica tra galleria e serbatoi di metano.

Il Tecnico Specialista classifica la galleria e fornisce indicazioni per la redazione di un progetto compatibile con il rischio gas metano.

BY NC ND

Il Tecnico Specialista

Le gallerie sono classificate in base all'organizzazione del cantiere e ad una previsione qualitativa delle caratteristiche di flusso del grisù potenzialmente causato dall'interazione scavo – formazione rocciosa/terreno.

La corretta previsione delle emissioni di metano deve essere basata sull'acquisizione e l'analisi di:

- informazioni desunte dalla bibliografia tecnico – scientifica;
- notizie relative ad emissioni in superficie, da pozzi (d'acqua e di idrocarburi), da perforazioni, in gallerie, in miniere;
- risultati di indagini in situ finalizzate alla ricerca del gas metano (gas trap, log in foro con packer).

BY NC ND

Modelli emissivi

Tipi di emissione di metano dalla formazione verso gli scavi:

- Vie di comunicazione idraulica «galleria – serbatoio metanifero»:
  - faglie profonde - strutture geologiche - grandi serbatoi
  - serbatoi di idrocarburi isolati e di dimensioni limitate
- Drenaggio da una roccia serbatoio:
  - Permeabilità alla scala della galleria
  - Permeabilità isotropa
  - Flusso ipotizzabile in formazione
- Associate agli acquiferi

BY NC ND

Modelli emissivi

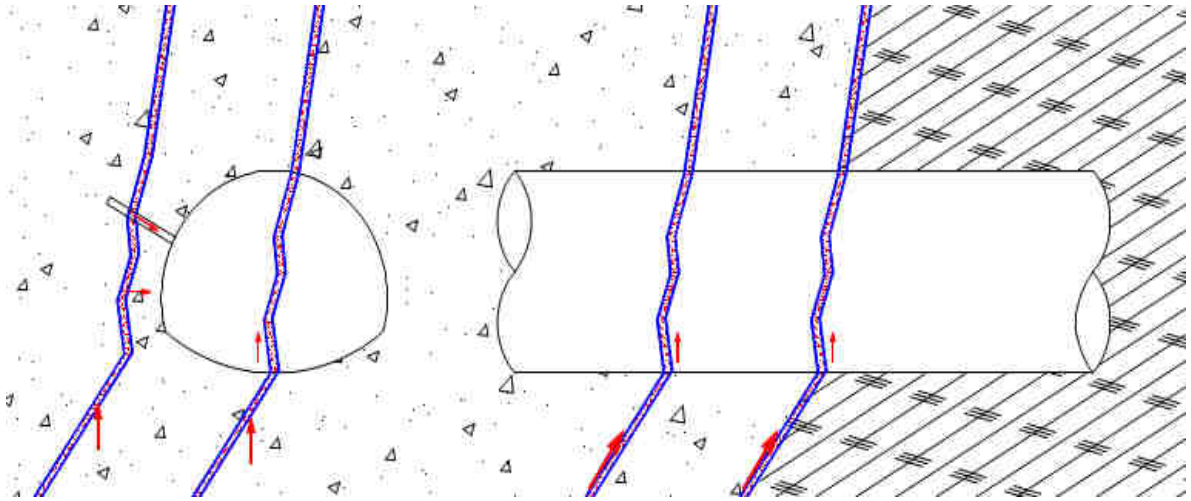
Modalità di emissione in fase di scavo:

- Massicce ed improvvise;
  - A pressione non elevata, continue e o discontinue nello spazio:
  - con portata elevata;
  - con portata modesta;
- Associate ai flussi d'acqua.

BY NC ND

Comunicazione idraulica galleria-serbatoio

faglie profonde - strutture geologiche - grandi serbatoi



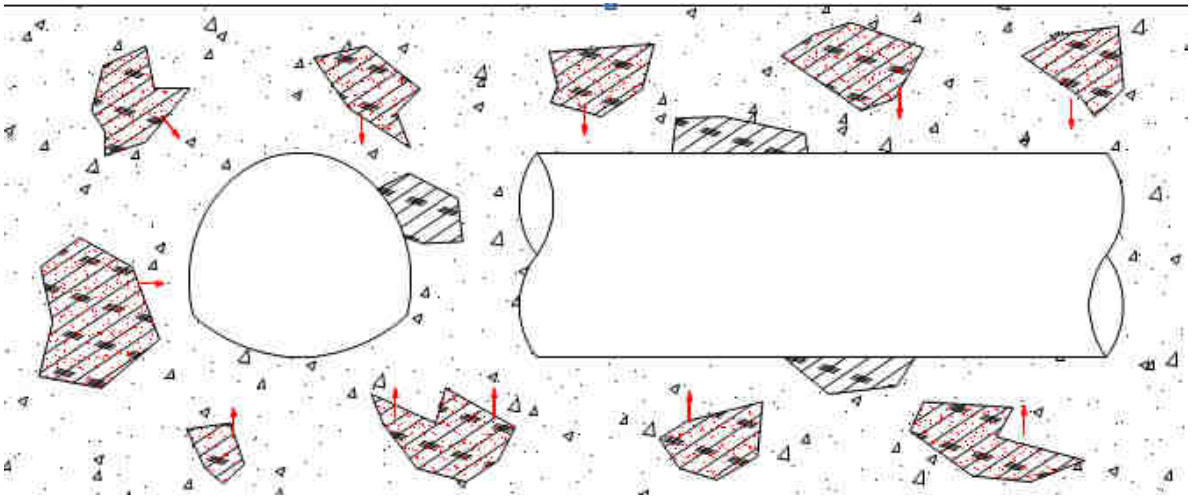
Le emissioni associate a questa tipologia geologica:

- non si esauriscono;
- la portata, dopo un transitorio iniziale, rimane costante nel tempo;
- sono concentrate in tratti individuabili.

BY NC ND

Comunicazione idraulica galleria-serbatoio

serbatoi di idrocarburi isolati e di dimensioni limitate

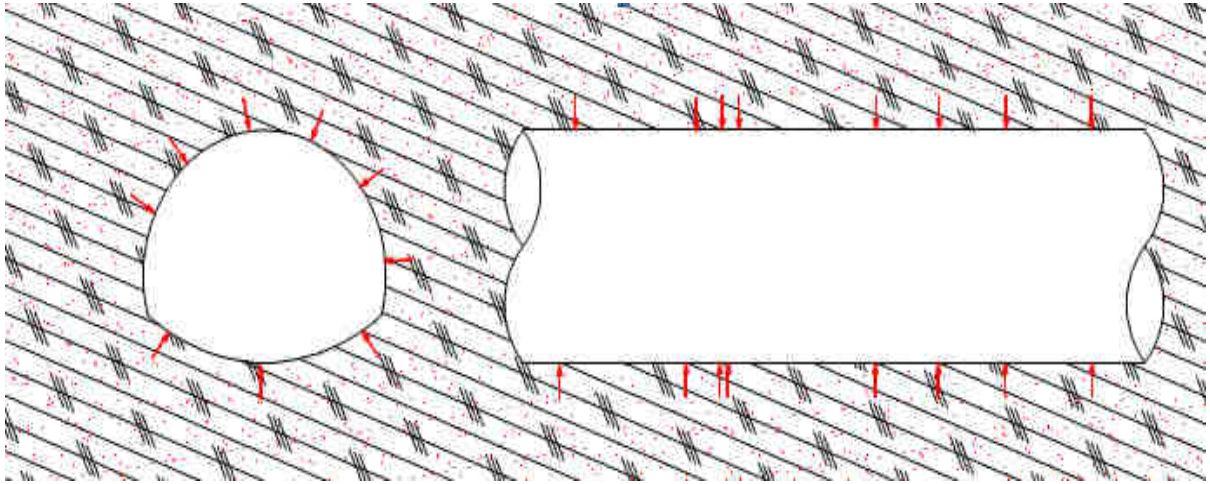


Dopo un transitorio iniziale queste emissioni, che interessano ampi tratti di galleria, possono:

- esaurirsi nel tempo;
- rimanere costanti con portate per lo più trascurabili;
- raramente, rimanere costanti con portate significative.

BY NC ND

Drenaggio da una roccia serbatoio



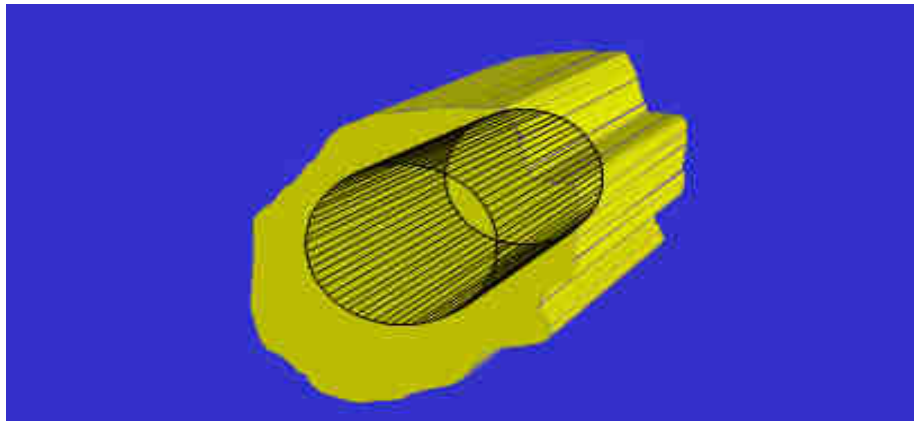
Le emissioni associate a questa tipologia geologica,che interessano ampi tratti di galleria, dopo un transitorio iniziale possono:

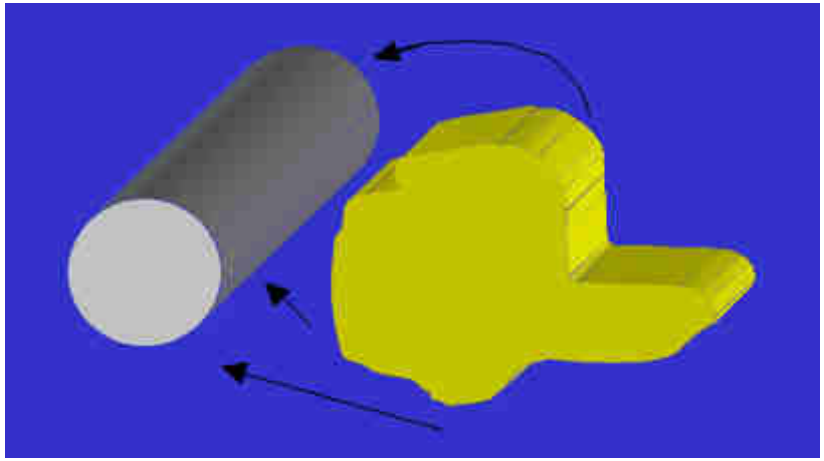
- rimanere costanti con portate per lo più trascurabili
- rimanere costanti con portate significative.

BY NC ND

Drenaggio da una roccia serbatoio

Formazione attraversata dalla galleria





Formazione grisutosa distante dalla galleria

CC BY NC ND

Scavo meccanizzato

Lo scavo di gallerie con Tunnel Boring Machine (TBM), se da un lato consente una drastica meccanizzazione del cantiere ed un notevole incremento della produzione, dall'altro irrigidisce l'organizzazione dei lavori di scavo, che non possono adattarsi in maniera flessibile a condizioni impreviste, imposte dalla formazione rocciosa attraversata.

Per quanto riguarda lo scavo in formazioni grisutose, non è possibile rendere una TBM "antideflagrante", poiché si presenta come un "assieme" di componenti di cui non è possibile verificare in maniera adeguata l'antideflagranza.

BY NC ND

Linea Guida n. 6

La linea guida n. 6 fornisce prescrizioni per la progettazione di TBM idonee ad attraversare ammassi sospetti. Affinché tale operazione sia possibile, è necessario creare le condizioni per impedire la contemporanea coesistenza di sorgenti di innesco e miscele esplosive.

Campo di applicazione della Linea Guida

La Linea Guida si applica a gallerie di grande sezione areale (non inferiore ad 80 m^2) realizzate con TBM – EPB.

La classificazione della galleria riguarda i volumi omogenei, come individuati dalla Linea Guida, e non i tratti di galleria.

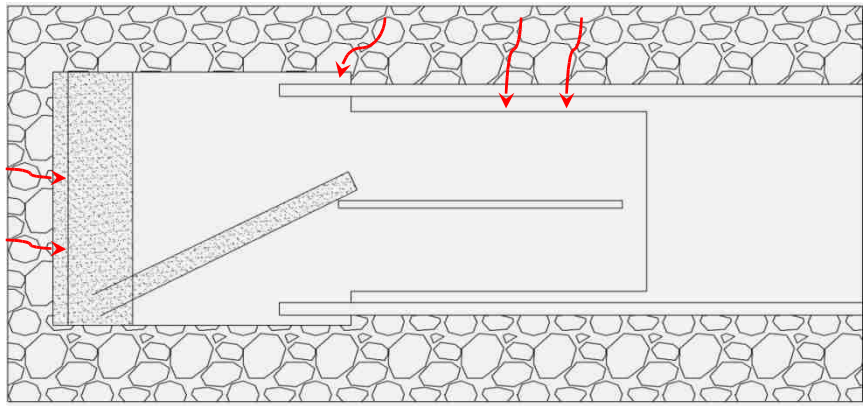
CC BY NC ND

Studio del fenomeno

Possibili punti di ingresso metano:
- Camera di scavo
- Smarino (Coclea e nastro trasportatore)
- Zona di contatto rivestimento/scudo
- Rivestimento non impermeabile

Possibili Fonti di innesco:
- Rischio elettrico (impianto e motori)
- Temperatura superficiali (motori) > 400°
- Attriti metallici
- Fiamma Libera

Configurazioni di Lavoro
- Modalità Avanzamento
- Modalità Costruzione Anello
- Modalità di perforazione di sondaggio
- Manutenzione Testa di scavo (normobarica ed iperbarica)
- Manutenzioni ordinarie (camere di iniezione)
- Manutenzioni straordinarie (spazzole, coclea)



BY NC ND

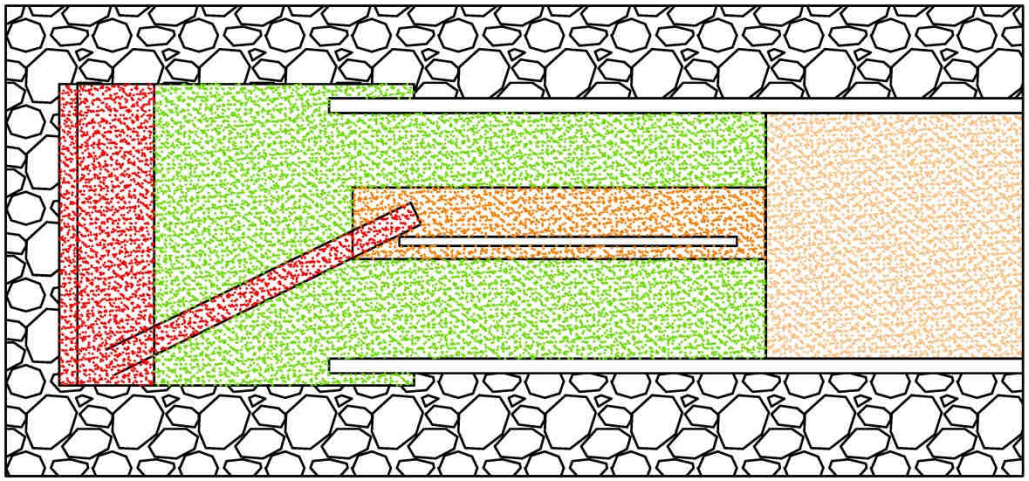
Divisione in volumi omogenei:

1)La camera di scavo e la coclea;

2)Scudo e backup a tergo della camera di scavo;

3)Tunnel nastro (nastro trasportatore);

4)galleria rivestita a tergo del backup.



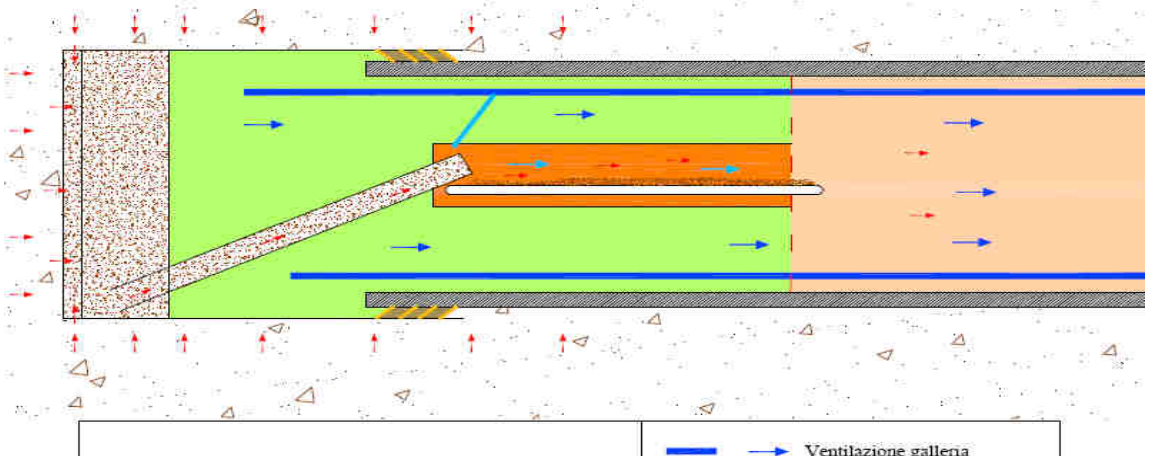
Modalità di avanzamento

Solo “closed mode”, ovvero a camera di scavo sempre piena.

BY NC ND

Ipotesi Fondamentali

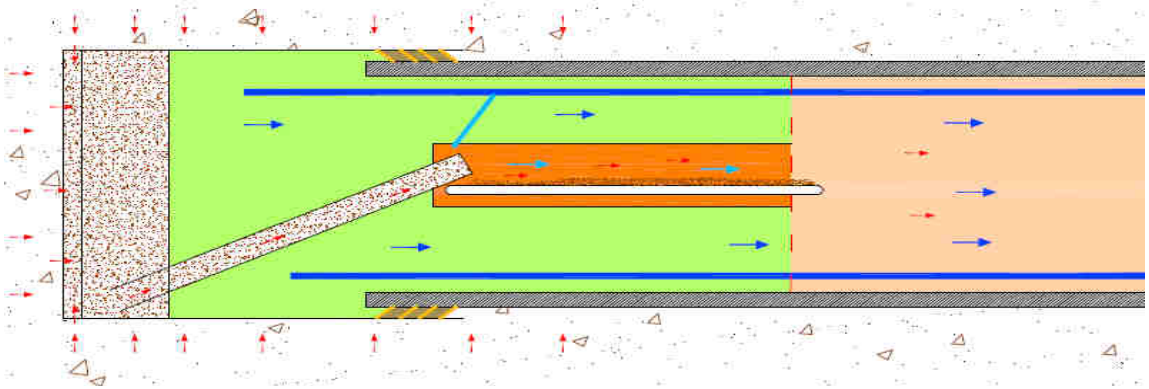
- il rivestimento definitivo è completamente impermeabile;
- le spazzole, che assicurano il contatto strisciante tra scudo e rivestimento, assicurano un elevato grado di impermeabilità;
- lo scudo è sicuramente impermeabile;
- la paratia che confina la camera di scavo è impermeabile.



BY NC ND

Percorso di emissione del metano

- la zona di emissione è il solo fronte di scavo;
- il metano può entrare in galleria solo dall'uscita della Coclea;
- l'emissione risulta controllabile prevedendo dei sistemi di chiusura della coclea;
- è possibile definire un percorso certo del metano in galleria.



BY NC ND

Grazie per l'attenzione

BY NC ND