



Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino

**Appunti universitari**

**Tesi di laurea**

**Cartoleria e cancelleria**

**Stampa file e fotocopie**

**Print on demand**

**Rilegature**

NUMERO: 1819A -

ANNO: 2015

# **A P P U N T I**

STUDENTE: Castiglione Emmanuele

MATERIA: Ingegneria degli scavi (teoria + esercizi) - Prof. Cardu

Il presente lavoro nasce dall'impegno dell'autore ed è distribuito in accordo con il Centro Appunti.

Tutti i diritti sono riservati. È vietata qualsiasi riproduzione, copia totale o parziale, dei contenuti inseriti nel presente volume, ivi inclusa la memorizzazione, rielaborazione, diffusione o distribuzione dei contenuti stessi mediante qualunque supporto magnetico o cartaceo, piattaforma tecnologica o rete telematica, senza previa autorizzazione scritta dell'autore.

**ATTENZIONE: QUESTI APPUNTI SONO FATTI DA STUDENTIE NON SONO STATI VISIONATI DAL DOCENTE.  
IL NOME DEL PROFESSORE, SERVE SOLO PER IDENTIFICARE IL CORSO.**

Il corso è diviso in quattro moduli:

02/03/2015

- 1) SCAVO CON ESPLOSIVO + ORGANIZZAZIONE CICLO DI SCAVO
- 2) SCAVO MECCANIZZATO IN ROCCIA + ORGANIZZAZIONE CICLO DI SCAVO
- 3) SCAVO MECCANIZZATO IN TERRA " "
- 4) SONDAGGI

FACE = la fronte d'avanzamento

FULL FACE = piena sezione, quando la forma della roccia è simile a quella fonda

BENCH = avanzamento in edotta con conseguente ribasso dello straccio (gradino)



Nel caso estrattivo non si interviene al materiale, nel caso civile si <sup>che</sup> vuole <sup>v</sup> creare.

I risultati dei sondaggi servono poi per realizzazione delle mappe tridimensionali del terreno

Quando si realizza una roccia sono presenti tre fasi:

- attacco
- distacco
- sgombrato

03/03/2015

Una macchina o ruote si muove su cingoli

RAISE BORER MACHINE = formellatrice, macchina portavo

I formelli vengono utilizzati per gettare/scaricare del materiale

SHAFT = tunnel

INCLINED = rompa (galleria inclinata). Sinonimo con discenderia, solo che quest'ultima si intende in discesa

D & B = drill and blast. (roccia e fai esplodere).

TUNNEL BORING MACHINE = macchina per le gallerie (TBM)

CH = cutter head (testa di roccia)

CUTTER sono gli utensili

04/03/2015

Un box è tipo di mezzo in cui dobbiamo realizzare lo scavo scelto il tipo di utensile o di modalità di scavo.

La giocatura è l'orientazione delle discontinuità nella roccia. Queste sono importanti perché la loro presenza mi porta ad una variazione della direzione di scavo.

Nei materassi possono anche essere presenti dei corismi, delle cavità.

Lo scavo meccanizzato raffra della roccia che può incontrare nell'ammasso, mentre l'esplosivo non lo raffra.

Per questo sono importanti gli indici di qualità dell'ammasso roccioso. Questi indici vengono utilizzati a scopo geomeccanico.

R.Q.D. = rock quality designation. È un indice che ricaviamo dai conteggi, dalla lettura delle corde.

$$R.Q.D. = \frac{\text{\# lunghezza elementi} \geq 10 \text{ cm}}{\text{lunghezza totale corda}}$$

L'ovveramento da micchia laterale è fatto in modo da non intralciare le operazioni di scavo che avvengono sul fronte di scavo.

non nella questa sezione perché con scavo o prendere una sezione di corde che può essere utilizzata in laboratorio nelle prove di compressione.

Queste ovveramenti da micchia vengono fatti per ricavare le condizioni dell'ammasso roccioso in cui poi andremo a scavare perché magari da sondini precedenti si erano evidenziate la presenza di faglie.

R.M.R. = rock mass rating system. È dedicato esclusivamente allo scavo meccanizzato o piena sezione.

L'ultimo termine va inteso come mutua orientazione tra la discontinuità e il fronte di scavo. I primi cinque termini sono dovuti alla roccia.

Andando verso valori alti ho una roccia migliore.

Q<sub>SYSTEM</sub> = rock mass quality

Anche qui sono presenti 6 parametri. Il valore viene dato in scala logaritmica.

Questo Q<sub>SYSTEM</sub> viene poi usato rispetto al solo scavo con macchina, prendendo il nome di Q<sub>TBM</sub>.



09/03/2015

## ENERGIA SPECIFICA DI ESPLOSIONE:

nono in base ai due tipi di esplosivo.

I due tipi di integramenti servono perché uno riferito all'unità di massa e l'altro all'unità di volume.

Dal confronto tra le energie specifiche si nota molto bene la differenza con il gascio, che è molto energetico.

La pressione di detonazione si moltiplica il seguito del fronte d'onda ed è intesa come la pressione da applicare per bloccare la detonazione in progresso.

$$P_d = \rho v_d v_f$$

$v_d \Delta t$  = sezione che sta avvenendo

La velocità dei fumi è difficilmente calcolabile, ma risulta proporzionale a quella di detonazione.

I detonatori secondari si accendono grazie ad un detonatore primario. Questi si dividono in cap sensitive e blasting agent.

Questi ultimi hanno bisogno di tanta detonante primaria, ma questa <sup>strada</sup> non si regge, si preferisce realizzare un boartre [(tanta detonante secondaria) (cap sensitive)].

I detonatori secondari in alcuni casi deflaggono perché non sono sufficientemente sollecitati.

La PENTRITE è un detonatore secondario, ma nel caso in cui è ben pulita può essere utilizzata come detonatore primario.

Non è ben visto il suo utilizzo in sotterraneo visto che produce CO.

Un tipo di innesco è la miccia e lenta combustione, utilizzata nel caso in cui ha poche coriche.

Il velcro per miccia detonante viene posto in serie con l'obiettivo di ritardare la detonazione.

Il ritardo pneumatico è un esplosivo lento, mentre ai bordi.

Il detonatore elettrico funziona grazie ai fili (trifili) che permettono il passaggio della corrente fino all'arrivo nella testina.

I detonatori NONEX è composto da un tubicino di plastica a cui intorno c'è della pentrite. La detonazione è confinata in questo tubo.

Questi possono essere combinati tra loro.

La distanza di colpa è una distanza caratteristica entro cui si propaga ancora la detonazione. Questo varia in aria, acqua, sabbia.

Il foro da mina è l'elemento in cui confiniamo la carica

BLSR HALL = foro da mina

Il bozzaggio è il riempimento dello cunicolo con della sabbia

STEHRING = bozzaggio

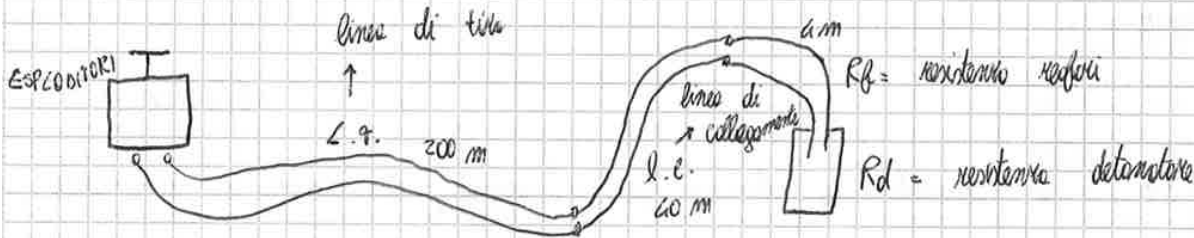
ROUND = volato = insieme dei fori da mina pronti ad esplodere

Il detonatore lento è il detonatore con miccia o lento combustione

Se voglio diminuire l'energia specifica di esplosivo su  $m^3$  di noccio basta inserire del bozzaggio intermedio

DETONATORI ELETTRICI: hanno bisogno di corrente e terminali per essere innescati. Queste vengono fornite dall'esplositore

In Italia vengono utilizzati esclusivamente quelli ad alta intensità



Se poniamo i detonatori in parallelo diminuiamo la resistenza del circuito

Nel caso in cui utilizzo il serie-parallelo devo bilanciare i nomi

Subito dopo il brillamento della mina l'energia meccanica si propaga nella roccia e poi nell'aria, comportando la riflessione.

Nello step 1 si ha la propagazione del fronte d'onda, che trovando una zona con impedenza diversa ritorna, ritorno indietro (step 2).

Durante il momento della riflessione si ha una sollecitazione di trazione (rimbalzo), dopo l'iniziale fase di sollecitazioni di compressione.

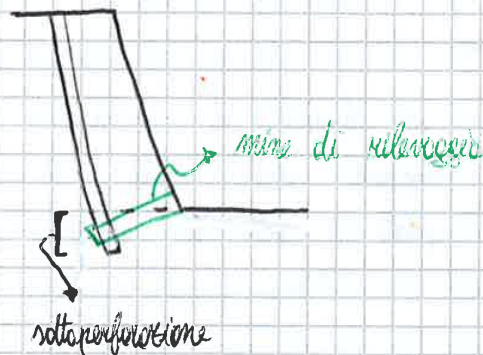
È una fase importante perché la resistenza a trazione è  $\frac{1}{20}$  della resistenza a compressione.

Nella fase 3 si ha l'espansione del gas, grazie alle fratture che si sono create. Questa espansione contribuisce con il trasporto e completamente dell'abbattimento.

Lo conico di piede va un po' più sotto rispetto alla proiezione della superficie orizzontale, si parla di sottoperforazione.

S. D. = specific drilling

P. F. = pound factor



Avvicinano entrambi al piede, ma uno della mina verticale, l'altra ad una perforazione e un allungamento al piede

Nel calcolo di PF, nel caso in cui sia presente una sottoperforazione, si considera tutto l'esplosivo presente nel foro, ma nel calcolo del volume di roccia si trascura la parte di sottoperforazione.

Le mine di profilo sono quelle mine che determinano la forma finale della scava



Esiste disposizione delle mine

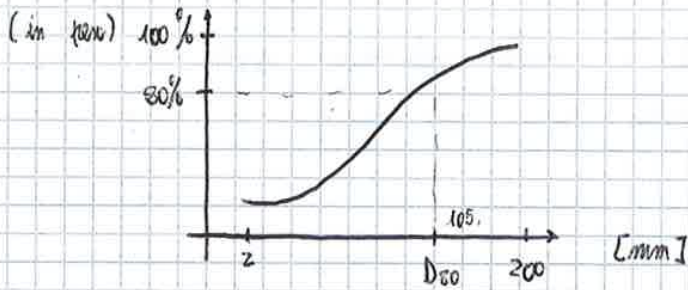


La benne è l'organo del mezzo di carico

BUCKET = benne

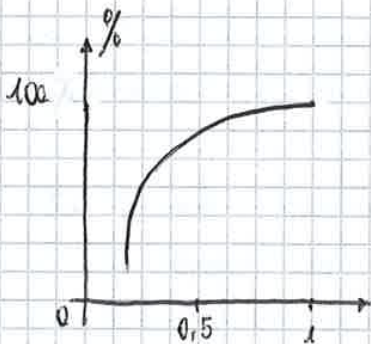
Nel caso in cui utilizzo un mezzo trasportatore per la perforazione è utile anche la presenza di un frontone mobile nella zona di scavo

Un voglio è una superficie con delle maglie di apertura ed è in grado di separare le classi granulometriche



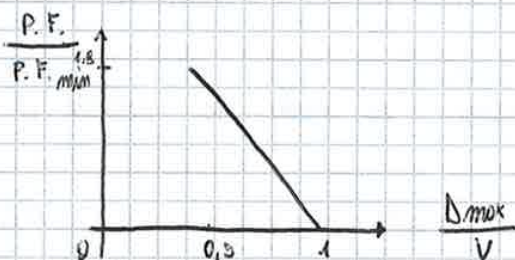
È utile considerare una percentuale in peso (di solito 50% o 80%) e ricavare il diametro tipico di quella percentuale

RAPPORTO DI CONFINAZIONE =  $\frac{D}{d}$  → diametro della perforazione in uscita del frontone



questa curva riguarda il materiale abbattuto

$\frac{D}{D_{max}}$  → diametro che vede o presiede dell'abbattuto



Quando frontiamo una roccia voglio che il  $D_{max} < V$  perché altrimenti ho soltanto spostato il mio blocco, il che mi va bene solo in una roccia di profilatura

Le mine o rozzero non fatta anche su più file. Questo tipo di sbollimento, usato prevalentemente in rottatura, prende il nome di scaramento (dura e libera).

Nel caso della volata JANDZ la perforazione viene realizzata su una superficie, che poi non sarà sottoposta a bruciamento.

SPALETAMENTO = sbollimento di parete

Nel caso della GRINCEE si cura molto la profilatura

L'apertura iniziale, nel caso di una zona di grandi fondazioni, ha come obiettivo quello di aprire un canale centrale per ampliare la zona di scavo

L'apertura a V si ottiene nel caso di presenza di una zona di sfogo, quindi con l'obiettivo di creare una nuova superficie libera

Il taglio indotto può essere realizzato con diverse tecniche; tra queste tecniche c'è il PRESPITTING: la frattura ha lo scopo di separare e isolare dalla massa un volume di roccia destinato ad essere poi frantumato.

Le fratture come di mina mimangono in merito se il PRESPITTING è fatto bene

LINE DRIZZING: perforazioni effonate (continue)

Le perforazioni si realizzano in questo modo per evitare la deviazione del fioretto:



$$\Phi_{4,5} > \Phi_{1,2,3}$$

Il diametro grande non può sfuggire allo presenza di un diametro piccolo

Anche le mine di presplitting possono presentare una sequenza di ritardi.

SMOOTH BEASTING: allungamento di fori paralleli, con piccolo e regolare spaccatura e debole corica

AIRDECK: camera d'aria

L'aria della camera va in pressione in tutto il tubo

HCF = HALF CAST FACTOR

Questo parametro può essere poi confrontato con  $R_{CD} \approx \frac{1}{2} R_{MR}$

VOZATE DI BONIFICA : devono disgiungere, demarcare un blocco per rendere la superficie stabile. È una tecnica di profilatura

Negli interventi di bonifica si punta maggiormente alla distribuzione della carica

25/03/2015

Il fenomeno del FZY-ROCK consiste nella proiezione di frammenti di roccia spinti dai gas durante l'esplosione. Si verifica quando la quantità di esplosivo è in eccesso rispetto alla quantità necessaria.

Una quota della quantità maggiore di esplosivo serve allo spostamento del baricentro dell'ammasso

La gittata di questi frammenti ha valori compresi tra 200 - 400 m

$K_0$  = coefficiente di riduzione → utile per il calcolo reale della gittata

L'impedenza è una caratteristica che possiamo riconoscere sia alla roccia che all'esplosivo

Con valori di carica specifici maggiori di  $0,5/1 \frac{kg}{m^3}$  aumenta il rischio del FZY-ROCK

Le stuoie di protezione vengono poste direttamente sul materiale che dovrà brillare

Le vibrazioni indotte non devono portare al superamento dei valori soglia di vulnerabilità delle strutture circostanti.

La velocità delle onde elastiche presenta valori maggiori in materiali <sup>fortemente</sup> coesivi.

Conseguenza: microfratture localizzate, fratture

La propagazione delle vibrazioni ha, <sup>portando della sorgente,</sup> un andamento sferico.

ESPRESSIONE GENERALE DELLA LEGGE DI SITO:

$$v = K \left( \frac{R}{\sqrt{Q}} \right)^d$$

Un'unità questa velocità è denominata PPV (peak particle velocity)

Attraverso un sismografo si può misurare la velocità in punti vicini delle strutture circostanti che presenterà tre componenti (x, y, z).

Il valore di R non sempre sarà quello minore perché il terreno, in cui si propaga l'onda, può presentare diverse velocità di propagazione

## SCAVO MECCANIZZATO DELLE ROCCE

21/04/2015

Per vedere se una roccia presenta una coesione reale o apparente lo si può sottoporre ad una specifica prova detta inibizione.

Un campione della roccia viene immerso nell'acqua e dopo alcuni giorni si toglie per vedere la reazione.

L'argilla è coesiva a tempi brevi, ma non lo è in tempi lunghi, infatti, presenta delle tensioni interne di autocostrinimento.

Attualmente i materiali vengono divisi in base alla granulometria. Anche nello scavo meccanizzato è presente una fase di rottura, di distacco e di sgombero.

I materiali intermedi, oltre alle rocce molli, possono essere anche i terreni non consolidati.

In questi casi l'utensile è un elemento meccanico che disgrega la roccia.

L'idropressa è un macchinario che utilizzando il dente (utensile) realizza dei diaframmi. Un altro tipo di utensile è quello <sup>dallo</sup> a matita, che può anche essere utilizzato in rocce dure. Un caso tipico viene anche utilizzato con finalità estrattive.

Lo scavo meccanizzato ha maggiore compatibilità con i limiti ambientali, con le esigenze di sicurezza.

22/04/2015

L'organo di scavo porta più utensili, anche di tipologia diversa.

Nel caso di una TBK, usata per gli scavi in galleria, si scava soprattutto in materiali litoidi, granitici.

Il chip rotelle lo reggietto formato dalla TBK.

La granulometria del macinato ha dimensioni  $< 6 \text{ mm}$  per il 25-45%.

La lunghezza delle reggiate dipende dallo spuntamento tra i dischi.



$$i = 65 - 80 \text{ mm} \quad (\text{interazione})$$

Il numero degli utensili non può

$$= \frac{\phi}{2} / i$$

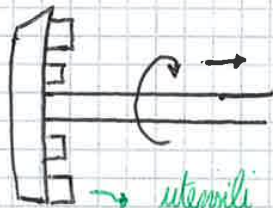
La maggior parte degli utensili lavora per sbirciamento e rotolamento, quelli frontali lavorano per affondamento, rotolamento e sbirciamento (vedi figura)



Gli utensili sono distribuiti in questo modo per evitare l'ingombro meccanico, per avere una distribuzione della forza di accantonamento

RBM = RAISE BORER MACHINE

È una formellatrice, con una testa di questo tipo:



viene fatta ruotare e viene trascinato

→ utensili (nulli livelli sono la roccia)

Gli utensili sono montati con una piccola parte all'interno della macchina, in modo da effettuare la rotazione più velocemente, senza quindi dover portare indietro la macchina

Le prove per determinare la resistenza di una roccia all'azione degli utensili devono essere fatte alle dimensioni dell'utensile stesso per ricavare valori corrette.

24/06/2015

Gli utensili sono di due tipi: sbircianti e rotolanti

Le macchine di scavo a piena sezione viene preso in caso di scavi molto lunghi (oltre 1 km) in quanto non è molto maneggevole.

Le macchine che non necessitano di rivestimento sono le grappe

Non c'è differenza di pressione tra dietro la cutter head e la fronte di scavo nelle macchine di tipo open.

La modalità dove viene scelto nel caso in cui è presente dell'acqua

28/06/2015

Prove per utensili di reaso:

-  $\mu$  DUREZZA (microdurezza)

- INDENTAZIONE

permettono di determinare l'adeguatezza dell'utensile alla lavorazione

- USURA

- PERFORABILITÀ

Un coefficiente di utilizzazione della macchina mi riduce la velocità ideale della macchina ad una velocità reale, che mi permette di utilizzare la macchina continuamente

La  $\mu$  durezza è collegata all'usura dell'utensile stesso.

L'indentazione è una prova che si realizza attraverso uno punto (INDENTER).

Un esempio è NCB

La prova di usura si può fare prendendo un puntello di acciaio e lo si immerse in una foratella, in cui viene fatto ruotare del terreno che andremo a reaso

La prova di perforabilità consiste nel prendere dei blocchi di acciaio e in seguito si misura la velocità di avanzamento della punta del trapano in questi blocchi

Si possono individuare tre sedi su cui effettuare le prove: laboratorio, dell'utensile e reale

(raffreddatore, emulsione)

Gli additivi servono per tante cose, ma in alcuni casi possono essere utilizzati esclusivamente per ridurre usura

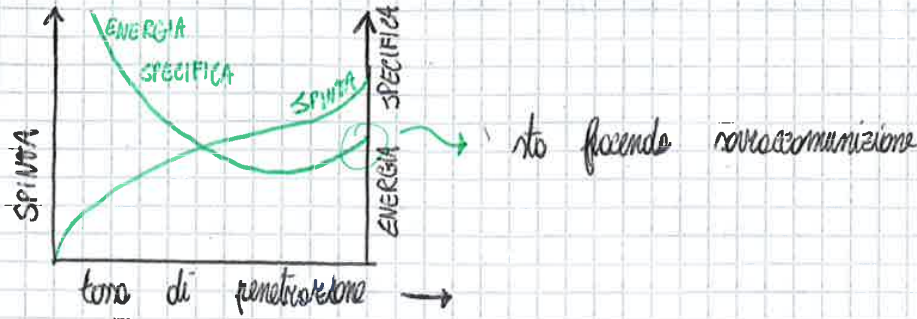
Il nostro trapanatore ha delle scaglie e emulsiona lo smorzino

In alcuni casi è presente una camera dietro la cutter head, chiamata camera di reaso

Il condizionamento del terreno si fa sia davanti la cutter head che nella camera

fatta grazie o dagli spruzzi nel caso della SHURRY SHIELD iniettori

Bisogna ottimizzare l'overcoringamento: degli utensili in modo da minimizzare l'energia specifica



Inizialmente l'energia specifica è alta perché consuma poca energia, ma serve anche poco TORQUE = coppia

Un pozzo è generalmente realizzato in verticale. Le miniere sono realizzate in obliquo

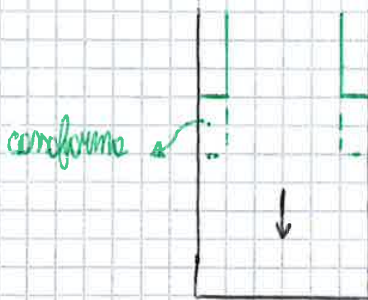
23/06/2015

La perforazione, nella realizzazione dei pozzi, utilizza i fori.

Il materiale viene portato via grazie a delle lamine <sup>a taglio</sup> che riempiono una macchina che si muove in verticale lungo il pozzo.

La manutenzione avviene con una fune, ma se profondità > 30 m si usa un sistema di funi.

Il rivestimento del foro segue la perforazione attraverso un processo di rotazione. Tutto avviene grazie a delle corseforma in cui viene lubrificato il ed estruzione



Le inserzioni vengono fatte in overcoringamento intervenendo anche parte del volume periferico e non solo quella centrale

Il metodo di congelamento consiste nel realizzare delle perforazioni ulteriori in cui viene fatto circolare fluido refrigerante a circuito chiuso

Con l'under cutting nodo più veloce perché sottoreo, ma non sempre questa è una cosa positiva perché poi il materiale deve ripulire dietro la macchina. Queste macchine sono volutamente pesanti per evitare ribaltamento convez.

I roadheader lavorano in un ampio spettro di resistenza dei materiali

Il moto è di due tipi: di taglio e di dimantazione

Il braccio può essere standard o telescopico

quasi a delle dita

Il materiale abbattuto viene convogliato dall'apparato di sgombero verso la zona centrale, dove c'è il trasportatore che porta il materiale da sotto la punta del roadheader e dietro, dove c'è lo scivolo

RIPPER: consiste in un dente trainato da un trattore abbottonato potente e pesante da comenigli di aprire dei solchi nella roccia. È utilizzata in roccie già fratturate per poter eseguire una coltivazione.

Nel caso di presenza di queste fratture sono abbinata la macchina ad un pre-minaggio.

Sfrutta le debolezze presenti tra le varie fratture negli strati della roccia. Se le fratture sono perpendicolari al suo avanzamento la macchina lavora meglio.

I rilievi geotecnologici mi determinano l'adeguatezza o meno della roccia al ripaggio

La sismica a riflessione mi permette di determinare altezza e velocità dello strato che voglio scavare.

Il ripper opera per pontate successive, creando diversi solchi nella roccia.

L'approfondimento va dagli 80 ai 100 cm, mentre la lunghezza del solco lo determina l'intervallo delle pontate (2-4 volte la profondità)

Il ripaggio può essere fatto per pontate parallele o inclinate (30° rispetto ai piani)

Il gambo (shank) porta l'utensile (punta di acciaio duro) che è maggiormente sottoposto ad usura.

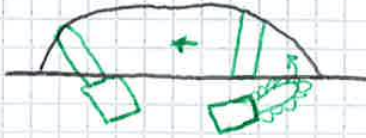
L'elemento più costoso e importante è il trattore.



La tagliatrice ha un braccio su cui scorre la catena che è su  
 tutto il monte dei piccoli utensili che producono le scoglie.

04/05/2014

Andamento dell' intaglio:

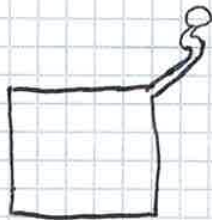


La tagliatrice da benedetti è montata su delle rotaie (sinistra). Al centro tagliatrice  
 da gallerie, mentre a destra quella removibile.

Un'altra con l' utensile utilizzato ha un solo dente.

Il braccio della catena è lungo 4-6 m. La parte dell' organo di lavoro è  
 motorizzata esternamente con motore elettrico e pompa idraulica.

I cuscinetti ad espansione sono dei mattoncini spessi 3-5 mm formati da due  
 lamine in acciaio in cui è possibile iniettare acqua in pressione e questi  
 espandendosi frontano la  
 roccia



Una variante è quella della cinghia diormontata che ha un'anima in fili d'acciaio  
 ed è ricoperta di plastica. Rispetto alla catena produce un taglio più stretto ed  
 è più leggera.

Non ha i problemi di strisciamento della catena e per questo può essere utilizzata  
 con acqua. È mono-uso.

Quoziente della testa di nuovo si demolisce e si porta via il terreno (3 fori)

Lo spessore dello scudo è 6-8 cm

Il sostegno del fronte viene fatto con dei fluidi che applicano la pressione. Queste macchine si muovono grazie a dei cilindri idraulici, poi si ritraggono e permettono la posa dei conei che formano un anello.

Il tutto avviene sempre all'interno del rivestimento.

Il back up è una serie di cori in cui sono presenti tutte le tecnologie utili allo scavo.

Lo scavo nuovo sempre qualche cm in più del diametro dello scudo, in modo da evitare che l'altro blocchi l'ovvero. Questo differenziale deve però essere riempito da dietro continuamente con dell'acqua cemento e così ed è il gap.

Questo gap è anche nella roccia, ma essendo stabile lo scavo si può riempire anche dopo con del grout.

### TECNOLOGIE PER APPLICARE PRESSIONI AL FRONTE

La tecnologia naturale può essere fatta <sup>solo</sup> sopra fondo.

Le macchine moderne nel terreno devono anche essere capaci di impedire l'entrata dell'acqua.

$K_0$  = spinta indisturbata del terreno

Se potremo lavorare con  $K_0$  il terreno non si sconsolida di nulla, ma di solito si lavora con il valore di  $K_0$ .

$K_0$  = spinta attiva del terreno

SITIED = SCUDO

Senza disegnare schema macchina

Sotto lo scudo si crea una camera di nuovo, che riempire con un fango bentonitico (argilla che non tende a fluidificare)

Lo stesso fango si mescola con il terreno scavato, che entra dallo scudo di nuovo che è aperto, ed estraggo in modo continuo un volume di fango che è uguale a quello trasportato idraulicamente grazie a delle pompe.

6/05/2015

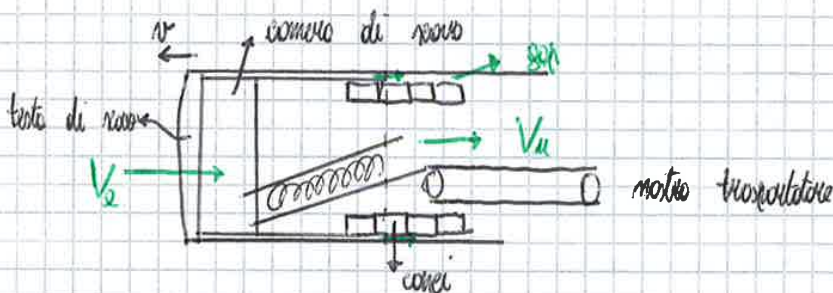
Studio bene diagramma sulle  $\gamma$ BN da Macchia

Il fango bentonitico tende a formare un filtro <sup>bentonico</sup> sul terreno. Agisce come "tappo" impermeabile. Si parte dall'interno i debiti, ma necessariamente deve essere riciclato grazie ad un impianto di reprobazione che prevede dei rettori grazie alla quale si riesce a reprobare dai debiti.

Questi impianti <sup>industriali</sup> sono grossi, numerosi ed anche costosi (1 milione di euro a m di diametro, poi essere esponenzialmente)

EPB = EARTH PRESSURE BALANCE

In questa macchina l'equilibrio si ottiene con il materiale scavo <sup>che va nella camera di scavo</sup> a cui viene addizionata schiuma per ottenere consistenza portante. In questo modo si applica la contropressione al fronte.



L'estrazione viene fatta con una vite di Archimede (eolico).

La macchina per funzionare correttamente deve avere  $V_0 = V_2$

Il gas viene espulso con acqua cementizia iniettata dalla ruota

Il cuscinetto magnetico sostiene la camera di scavo.

Per gli operai uscenti dalla camera in condizioni ipobariche è necessaria una camera di decompressione.

La testa di scavo hanno un 30% di apertura

Quali sono parametri chiave per definire condizionamento terreno? FER e FIR

Il FER descrive la schiuma

L'agente schiumogeno è un tensioattivo che viene miscelato con l'acqua in percentuali di 2% - 5%

FER = 10  $\rightarrow$  1 m<sup>3</sup> acqua e tensioattivo ottengo 10 m<sup>3</sup> di schiuma

La velocità di rotazione dello cava è funzione della velocità di avanzamento  
 L'ultimo concio inserito è quello in alto centrale "chiamato" chiave ed ha dei fianchi obliqui

Le teste delle macchine sono equipaggiate con utensili rotolanti per la roccia e quelli per il terreno

Gli scrapers vengono scelti in base al tipo di terreno. È importante sapere come funzionano gli SCRAPERS e i DISC

Utensili più piatti per i terreni, quelli con punta per argille (SCRAPER)

Un'ultima cosa l'inserimento di metallo duro non è forgiato bene con l'acciaio

Il BUCKET LIPS servono <sup>anche</sup> a convogliare il terreno all'interno della testa di scavo

### MICROTUNNELING

Vengono utilizzate macchine con tecnologia TRENCHLESS. Sono utilizzate per realizzare condotte e bore profondite realizzate sotto una trincea da giorno di diametro  $< 3$  m

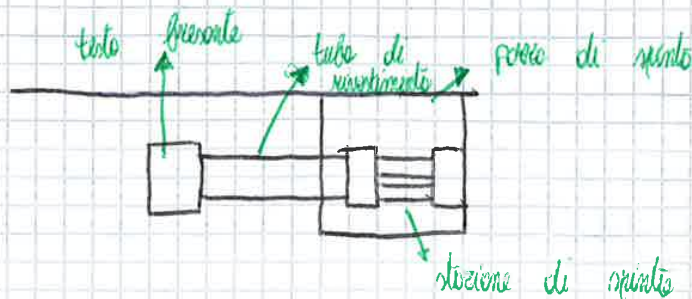
Questo perché ci sono delle infrastrutture che non si possono interrompere.

Il microtunnel si realizza grazie ad una macchina frontale teleguidata, questa viene spinta davanti dallo stesso tubo, ma inizialmente si parte da un foro di spinta in cui sono presenti dei grandi martinetti.

#### TECNICA DELLO SPINGI TUBO

Lo scavo non richiede personale all'interno e permette di realizzare scavi da 50 cm a 3 m di diametro.

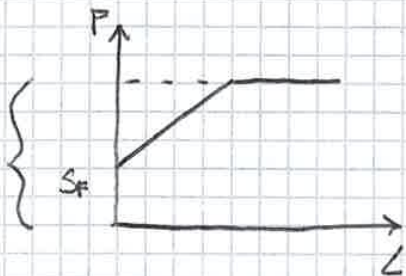
Tipicamente sono macchine a slurry perché l'operazione di smontare è più semplice, basta infatti una piccola tubazione interna di facile montaggio



Per limitare l'effetto tubo - terrano è necessario mettere fango bentonitico sulla superficie laterale.

La macchina ha la tendenza a scendere a causa del peso dello stesso per questo i cilindri tendono a farlo muovere verso l'alto.

Le sezioni intermedie sono dei cilindri d'acciaio che in alcuni casi sono montati all'interno del tubo d'acciaio con lo scopo di spingere avanti la macchina. Mediamente se ne mettono due.

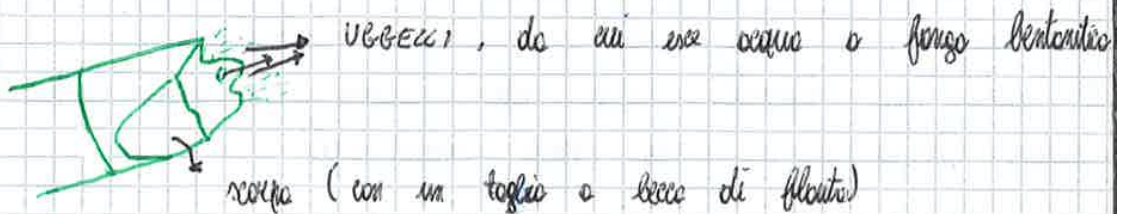


11/05/2015

HDD

Una tecnologia molto usata è la **DIRECTIONAL DRIZZING** (trivellazione orizzontale controllata) prevede l'installazione e la realizzazione di una perforazione <sup>piatta</sup> sub-orizzontale di piccolo diametro mediante un' idonea perforatrice guidata dalla superficie. L'utensile o fondo foro è guidato in modo da raggiungere la fine. Portando dal punto finale collegando una tubazione all'estremità verso o porta la condotta PVC o metallica fino ed arrivare al punto iniziale.

Oltre agli utensili fondo foro con perforazione idromeccanica

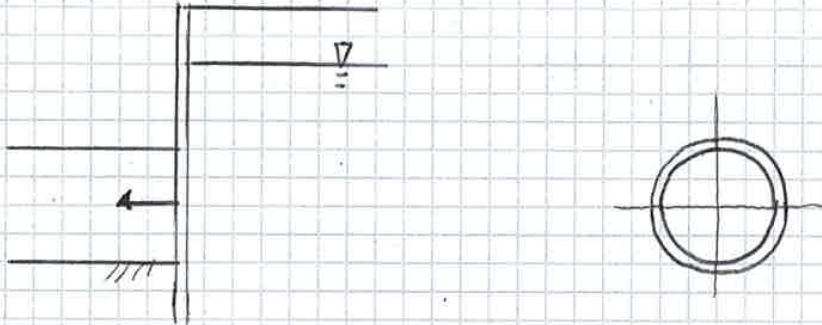


scopa (con un foglio o becco di fango)

Il fango bentonitico agisce anche come mezzo di espulsione del detrito

La macchina da tiro ha una litto su cui ruota il motore <sup>in ingrosso o in un'altra</sup>  
 Uno dei problemi dei microtunneling è il passaggio attraverso il diaframma nel  
 caso in cui siamo sotto falda perché si crea un nonchance ed entrano  
 acqua nel pozzo.

Si deve installare un anello di tenuta di gomma che in alcuni casi sono in  
 due che si deflettono sul tubo



La tecnologia a spingi tubo fatti solo: una morsa battente infligge i poli  
 uno sull'altro e c'è un utensile sulla parte iniziale

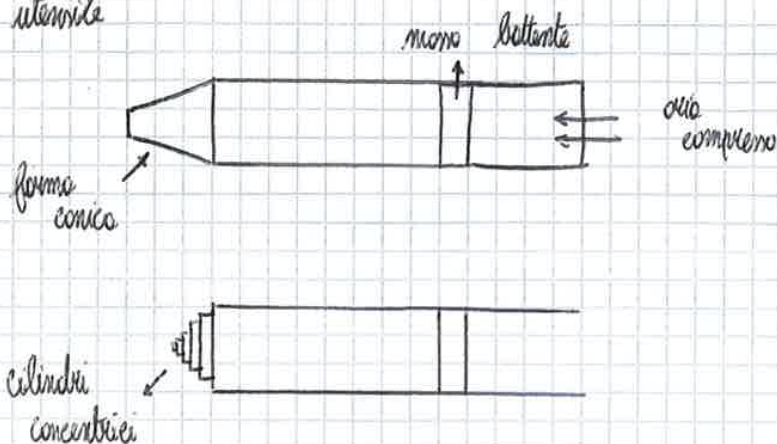
La tecnologia di perforazione con coalescenza senza sostegno del foro: si può  
 fare solo in terreno stabile (argilla compatta)

Un'altra è quella con coalescenza rivestito

Tutte queste tecnologie permettono soltanto le perforazioni orizzontali

L'ultima tecnologia è quella IMPA e MACING

Gli utensili sono comandati ad olio compresso sulla morsa battente sulla parte  
 dell'utensile



MACCHINE AD AZIONE CONTINUA: escavatore a ruota, escavatore a catena di terra.

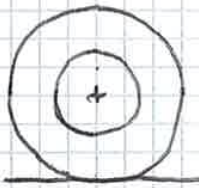
Questi escavatori non hanno bisogno di un mezzo di trasporto e che vengono definite  $\angle HD$  e necessitano di un mezzo di trasporto intermedio (leggera *definito*).

Le dragline sono delle macchine tipicamente minierarie ed usano una grande lenna lanciata lontano che raccoglie il materiale e riporta indietro.

Le macchine possono essere gommate o muoversi sui cingoli; quelle più pesanti possono anche muoversi grazie ai pattini. La scelta deve essere fatta in base al terreno su cui si va a lavorare.

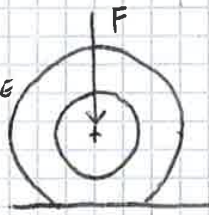
Schema di trasmissione del carico su un pneumatico.

CASO IDEALE



area di contatto (gonfiaggio minimo)

CASO REALE



$$F/s < c$$

pressione di contatto

Nel caso di terreno cedente la ruota penetra nel terreno e quindi  $F/s > c$

Per risolvere questo problema si riduce il gonfiaggio con aumento  $s$  ed  $F/s < c$

La capacità di deformarsi del pneumatico, oltre che della tipologia, dipende anche dal diametro. Per questo in terreno cedente il pneumatico viene scelto con un diametro maggiore.

BENNA = organo di lavoro. È provvisto di uno o più bordi dentati o fogliati di cui penetra nel terreno. La capacità teorica è quella non, come se fosse riempita di acqua. Di solito viene riempita di più per questo è importante il coefficiente di riempimento che dipende dalle caratteristiche del terreno.

Non si devono avere problemi di instabilità e non si deve mai far formare la macchina e questo significa scegliere un numero adeguato di dumpers

- Area di appoggio: area di contatto ruota - macchinario
- Pressione, o carico unitario, sul terreno
- Capacità portante del terreno: minimo carico unitario che il terreno può sopportare senza che la macchina tenda a sprofondare

2,5	KPa	rocce sode
0,8 - 1	KPa	su ghiaia compattata
0,4	KPa	argille o sabbie argillose sciutte
0,2	KPa	" " non ben sciutte
0,05	KPa	su sabbie sciolte o argille bagnate

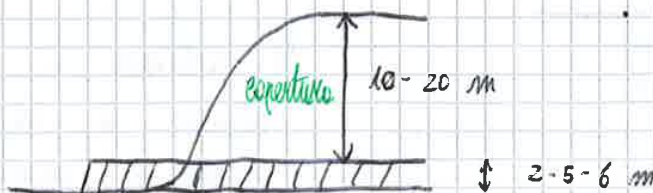
- Peso aderente o peso frenato: nelle macchine  $V^{ru}$  pneumatici è la quota parte del peso che grava sulle ruote motrici
- Maxima pendenza superabile: è la massima pendenza in percentuale sulla quale la macchina riesce a salire

Questo parametro è ancora più importante per i mezzi di trasporto

18/05/2015

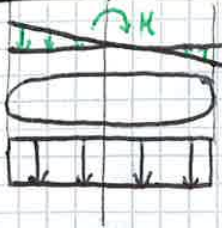
ESCAVATORI FRONTALI: sono macchine che eseguono lo scavo da una posizione fissa e riesce ad esportare tutto il materiale che rientra nel suo raggio d'azione. Si muovono su cingoli, mentre quelle piccole anche su gomme

Dopo aver riempito la benne riesce a ruotare su se stessa e scaricare il materiale grazie ad un pugno



Si procede con benche parallele e il materiale scivola su ruote usualmente lateralmente. Quelle grandi lavorano principalmente in maniera, con il carbone. Quest'ultima funzionano anche come macchine di trasporto





trazione a sinistra, compressione a destra

$$P = \frac{1,2 \text{ KN}}{10 \text{ m}^2} = 120 \text{ KPa}$$

pressione nominale sui due cingoli a riposo

Il cingolo ha una lunghezza di 5 m e una larghezza di 1 m, ma l'area totale di appoggio viene ottenuta dalla somma delle due aree dei cingoli

Supponiamo una forza  $F$  sulla lenna, nell'area si induce un momento ribaltante dato da  $F$  per la distanza

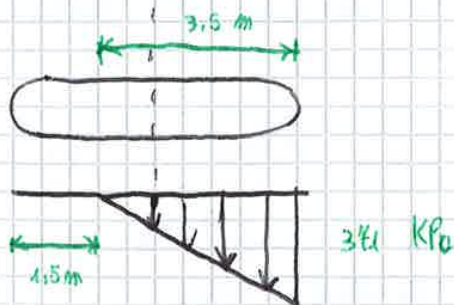
$$\text{Considerando } F = 50 \text{ KN} \rightarrow M = F \cdot d = 50 \cdot 16 = 800 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

La pressione totale sarà:



Nel caso in cui  $F = 100 \text{ KN}$ , avremo un aumento della "forbice", ovvero del momento ribaltante.

Poiché una pressione non può lavorare a trazione, avremo una porzione di area della sezione di appoggio

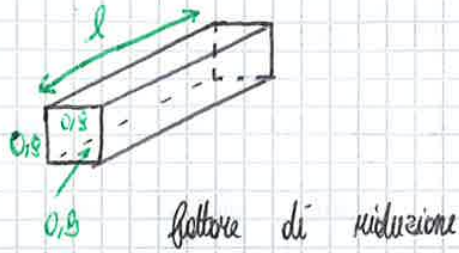


Se  $F = 222 \text{ KN}$  avremo una porzione maggiore che riesce a raggiungere la lunghezza del cingolo e a questo punto si avrà il ribaltamento

Saper spiegare come avviene il ribaltamento

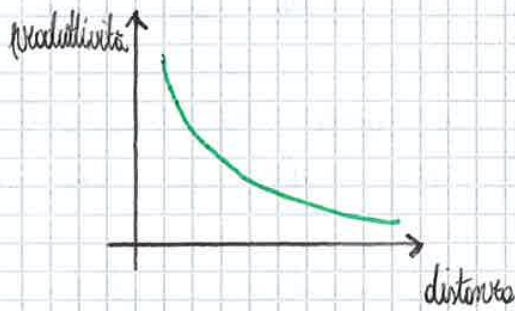


DOZER : sono mezzi con una lama anteriore frontale piana o ricurva.  
 Rende a fare le piste su pendii omogenei con una pendenza massima di  $25^\circ$ .  
 In ambito minerario con le loro piste sub-orizzontali non sono in grado di selezionare il materiale coltivato da quello da rimuovere.

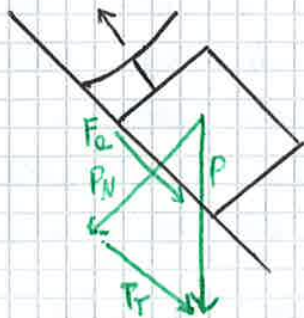


$$P = \text{produttività} = \frac{60 \cdot BC \cdot OE \cdot SF}{T_c} \quad SF = BF$$

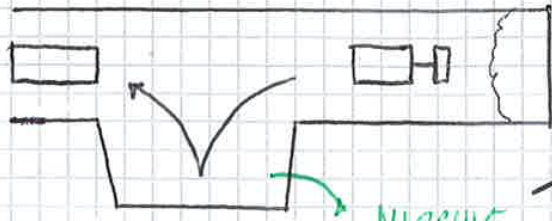
La capacità produttiva del dozer decede con la distanza



La capacità di spinta dipende dal peso della macchina e dall'attrito dei cingoli con il terreno. A parità di capacità di spinta c'è una notevole differenza lavorando orizzontalmente o obliquamente perché la forza peso e l'attrito riducono il proprio valore



PACE CARICATRICI (LHD): sono pale studiate per il sottorecineo



realizzate ogni 500 m  
NICCHIE realizzate per permettere alla macchina di ruotare e ricaricare il materiale

La guida reversibile è una caratteristica di questa macchina. Spesso sono delle macchine elettriche per ridurre i costi di ventilazione. Sono macchine completamente elettroniche

An alcuni casi può presentare un controllo remoto, non avendo quindi operatori in galleria

la ventilazione è in azione 24 h al giorno per 4 giorni, quindi con motori diesel saranno maggiori i m<sup>3</sup> di aria da ricambiare

Per le macchine in galleria si utilizza prevalentemente una gomma liscia idraulica. La gomma EOD ha un sistema di due paratie e una camera con un pistone in grado di spingere il materiale.

La gomma può essere a scivolo laterale sempre grazie ad un pistone idraulico. Il coricamento del materiale avviene per trazione

Il motore idraulico è dietro le ruote <sup>posteriori</sup> V, in modo da far cadere il baricentro dalla macchina tra le ruote quando la gomma è corica

DUMPER: sono macchine che possono muoversi esclusivamente in cantiere.

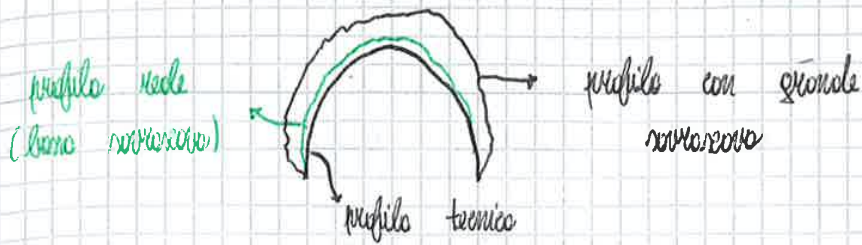
Ma camion vengono utilizzati per viaggiare sulla rete viaria

Nel dumper in sottorecineo c'è un pneumatico singolo posteriormente

Es.  $1 \text{ m}^3 = 2,5 \text{ t}$   
 $50 \text{ t} = 20 \text{ m}^3 \cdot 1,5 = 30 \text{ m}^3$

capacità dei dumper

Un romaneone portatile anche ad un aumento dei costi, in quanto offre un utilizzo maggiore di ed costruttore



KWD = misurazione durante la perforazione. Ogni 10 cm si osserva dei dati nelle condizioni effettive della roccia, dalla pressione alla temperatura

04/06/2015

## MACCHINE MOVIMENTO TERRA PER USO MINERARIO

DRAGLINE: sono macchine che scavano in orizzontale o sotto il piano dei cingoli. L'organo di scavo è una lama orizzontale con denti nel bordo anteriore. La lama è molto pesante e così riesce a penetrare nel terreno viene trascinata grazie ad una fune trascinata, dopo aver scavato ( $30 m^3$ )

È una macchina utilizzata per lo scorporo nella miniera di carbone. Queste macchine lavorano bene quando l'ammone è regolare, quelle più piccole possono anche lavorare sotto fondo. Queste macchine costano \$ 13,5 milioni. Hanno delle richieste elettriche estremamente alte.

È possibile utilizzare queste macchine in ammoni più resistenti grazie ad un premunaggio che creano delle fratture e rende la roccia lavorabile.

Mediante un sistema di funi la lama viene spostata nel punto in cui deve fare la scava e dopo aver scavato con piccole portate ritorna al punto di partenza. In questo caso si parla di SCRAPER È utilizzato per piccoli trasporti, in zone dove non deve accedere il personale.



Scava di un lago

La scelta della testa (denti o lama) va fatta per tentativi

MACCHINE CONTINUE PER SCAVO A PIELO APERTO SOPRAFACIA

Gli scavi ciclici e quelli continui hanno rispettivamente diversi montaggi e montaggio (scivoli)

Sono di due tipi: escavatore a ruote di terra ed escavatore a catena di terra (cingoli)

La prima macchina è fatta da un sistema di movimentazione e da un braccio di scavo. Essendo presente un sistema di smaltimento funziona come macchina da scavo che da trasporto (lavora sopra i coni cingoli)

Le ruote di terra sono aperte inferiormente e quindi scaricano il materiale verso il centro e poi con dei nastri lo allontanano

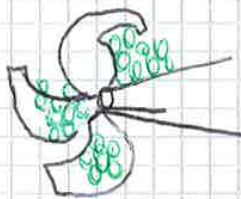
Tutte le benne sono dentate. Sono macchine utilizzate per lo sbancamento

Quelle a catena si presentano con un braccio che permette di lavorare al di sotto del piano dei cingoli, con le teste che ruotano esportando il materiale

08/06/2015

Richiami sugli escavatori continui su terra:

Nell'escavatore a catena di terra la terra è parallela all'albero, mentre in quello a ruote di terra è perpendicolare



FUNZIONAMENTO  
MACCHINA A RUOTE  
DI PALLE

Questa macchina può avere diverse macchine a bracci e è lungo il trasporto

Queste 2 macchine sono utilizzate per grandi estrazioni minerarie, quella a ruota per piccole estrazioni (cave di osside)

Normalmente le teste sono fatte dal basso verso l'alto facendo ruotare la macchina attorno l'axe dell'albero

Esistono dei sondaggi <sup>a distanza</sup> con mortello a banda fissa, in cui recupera il debito di circolazione. È possibile sapere, con una certa imprecisione, la profondità del materiale estratto. Sono veloci e poco costosi rispetto al coraggio.

Importante strumento è la misurazione dei parametri di perforazione, ad esempio la coppia e la velocità, che mi permettono di capire le caratteristiche della roccia.

Al cordiere <sup>semplice</sup>  $V$  è tronco-conico e quando scende penetra, quando tira su le battorie trascinano la corda. Nelle terre distinte, il campione <sub>sempre</sub>.

Al cordiere doppio ha all'interno un cilindro fessato, può ruotare su dei cuscinetti, rispetto alle battorie di oltre.

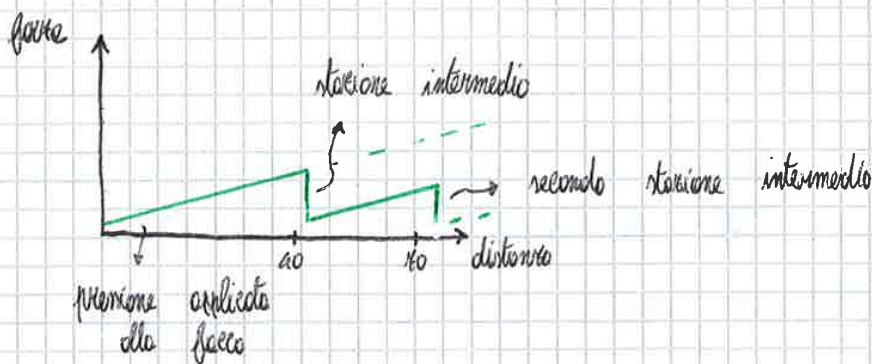
Anche questa richiede di montare tutta la colonna per recuperare la corda.

Al cordiere wire-line non alla fine è un cordiere doppio, che viene calato nel tubo di perforazione e viene recuperato con un sistema di funi.

Per il prelavoro a buona profondità di terreni rimaneggiati è possibile utilizzare la esclusiva.

### ESERCIZIO: (microtunnelling)

Scavo con perforazione con frese: - rotazioni minime distanza senza stazioni intermedie di spinto



Poi essere linearmente con la perforazione perché legata alla forza di attrito, che cresce infinitamente.

La capacità dei martinetti e la resistenza del tubo sono due vincoli che mi

Esistono presente la spinta costante al fronte di 300 kN, la lunghezza si riduce a 51 m



La pressione di stabilizzazione al fronte può essere calcolata con procedure analitiche o con obachi

Nel caso di sbiata tubo - terreno elevato si può lubrificare con acqua e bentonite

## SEMINARIO MARCO CASALE

### INDAGINI GEONOSTICHE

Il costo della macchina è di 100 mila euro (mediata opportunamente)

Per geognostica si intende una disciplina tecnica - scientifica volta alla conoscenza delle caratteristiche del terreno.

Le indagini si possono distinguere in dirette (involano direttamente il sottosuolo) e indirette (esempio geofisica).

Il motore diesel fa funzionare il motore idraulico. Il motore è fatto da due elementi: quello sopra ruota, quello sotto stringe

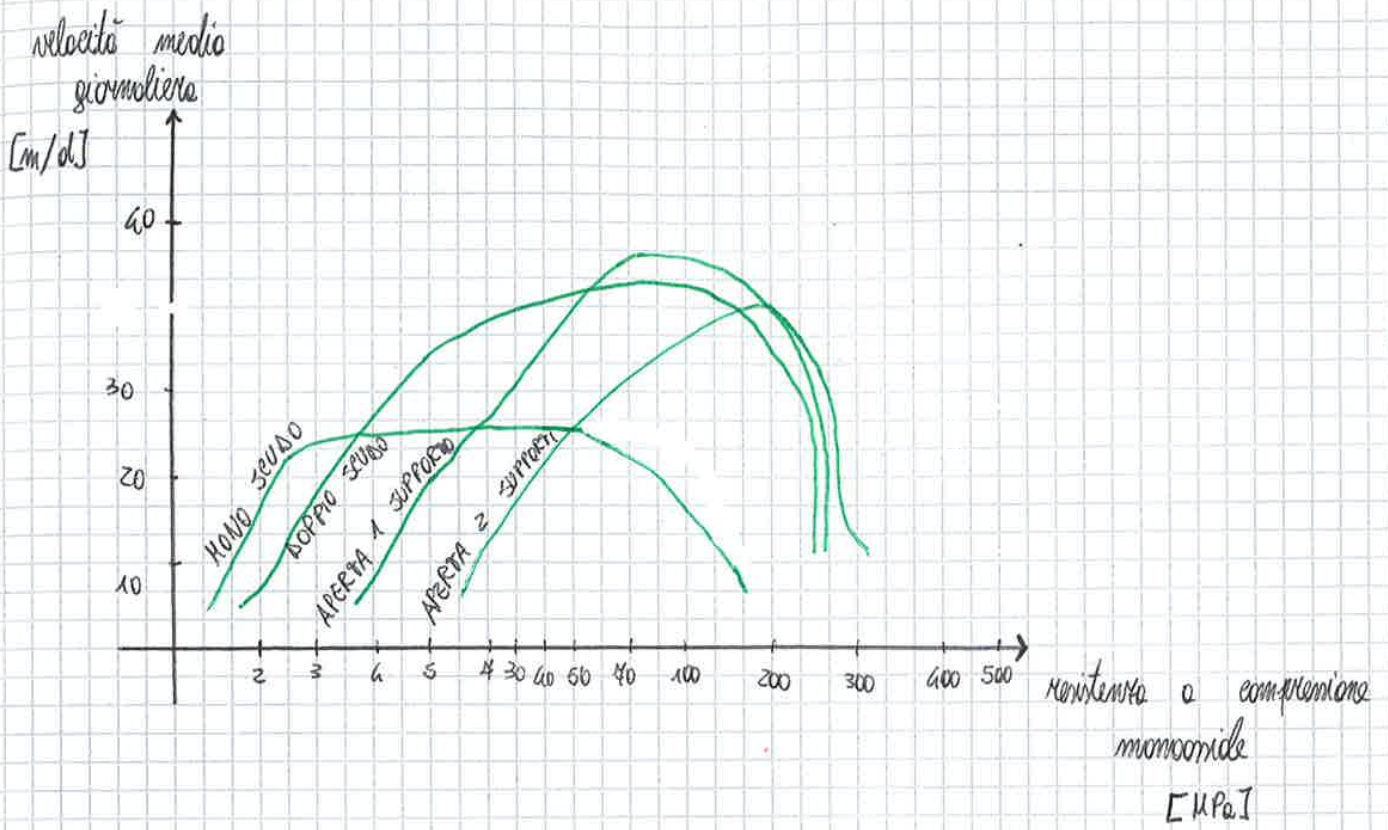
Il circuito idraulico è chiuso e lavora a pressioni fino a 150 bar

Per indagini dentro spazi confinati si evita l'ingresso del motore diesel

Il tiro - spinta dipende dal peso della macchina perché se troppo grande la oba

Una macchina instabile (mobile) non è adatta per le indagini geognostiche

La velocità e la coppia sono definite dalla potenza <sup>che è costante</sup>, una velocità maggiore mi comporta una coppia minore e viceversa





È richiesta di verificare l'adeguatezza dell'esplosatore

$$R_{id} = R_t + R_n = 1 + 0,1 \cdot 6 \cdot 2 = 2,2 \Omega \quad (1 \text{ detonatore})$$

$$R_{1 \text{ SERIE}} = 4 \cdot R_{id} = 8,8 \Omega \quad (1 \text{ serie})$$

$$R_{\text{SERIE-PARALLELO}} = \frac{8,8}{6} = 1,46 \Omega$$

$$R_T = R_{SP} + R_{\text{CINEA TIRO}} = 1,46 + 2 = 3,46 \Omega$$

$\frac{0,2}{100} \cdot 100 \rightarrow$  filo di andata e ritorno

L'esplosatore ha una propria resistenza interna, quindi

$$R = 3,46 + 5 = 8,46 \Omega$$

$$V = RI \rightarrow I = \frac{V}{R} = \frac{500}{8,46} = 59,1 \text{ A}$$

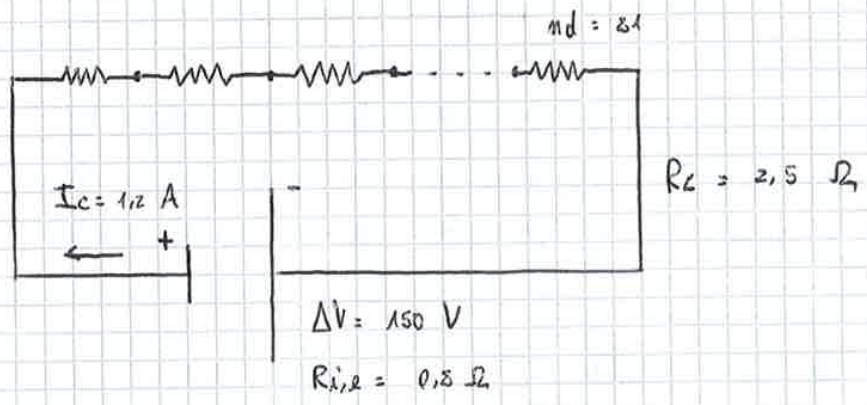
non siamo in situazione di congruenza tra l'esplosatore e la maglia di tiro

Esercizio n° 10

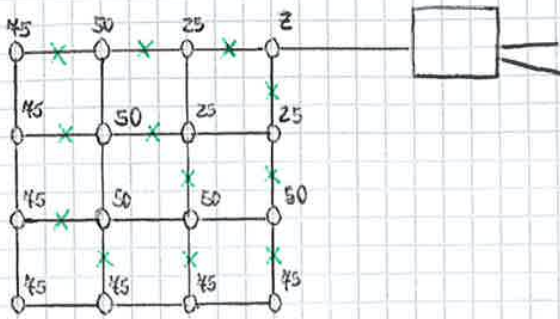
$$\Delta V = R_t \cdot I_c \rightarrow R_t = \frac{\Delta V}{I_c} = \frac{150}{1,2} = 125 \Omega$$

$$R_t = n_d \cdot R_d + R_L + R_{i,e}$$

$$n_d = \frac{R_t - R_L - R_{i,e}}{R_d} = \frac{125 - 2,5 - 0,8}{1,5} = 81$$

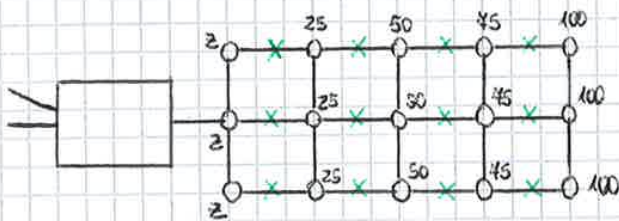


Esercizio n° 3



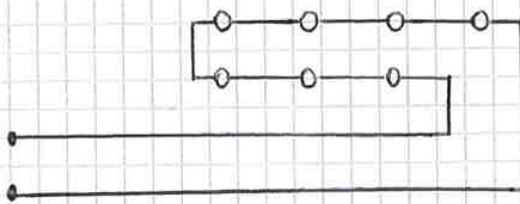
Ho bisogno di 12 relais da 25 mm  
per ottenere questo riquadro di  
brillamento

Esercizio n° 4



Relais da 25 mm  
Il minimo numero di mine  
che possono brillare simultaneamente  
 $\bar{i} = 3$

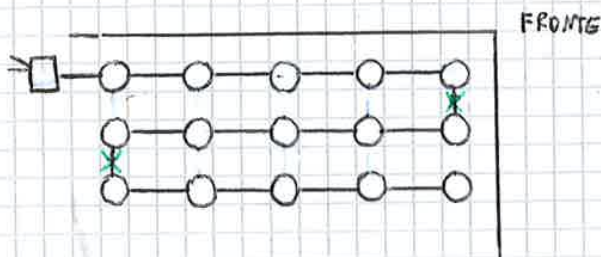
Esercizio n° 5



Il circuito in figura è in serie.

$$R_T = R_L + n R_d$$

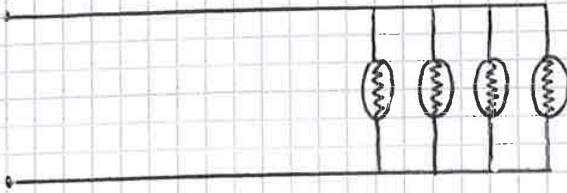
Esercizio n° 6



SCHEMA C: mi muovo da sinistra verso  
destra facendo brillare simulta-  
neamente ogni fila

Durata del brillamento = 60 ms

Esercizio n° 3

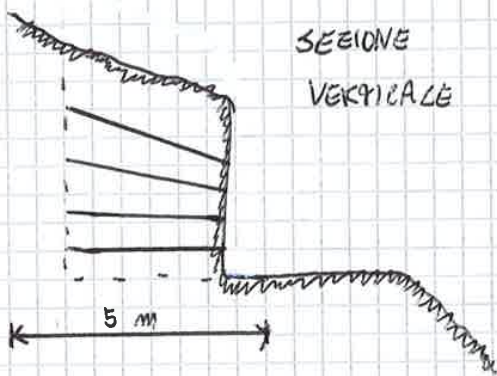


Il circuito in figura è in parallelo

$$R_T = R_L + \frac{R_d}{n}$$

Esercizio n° 9

1)

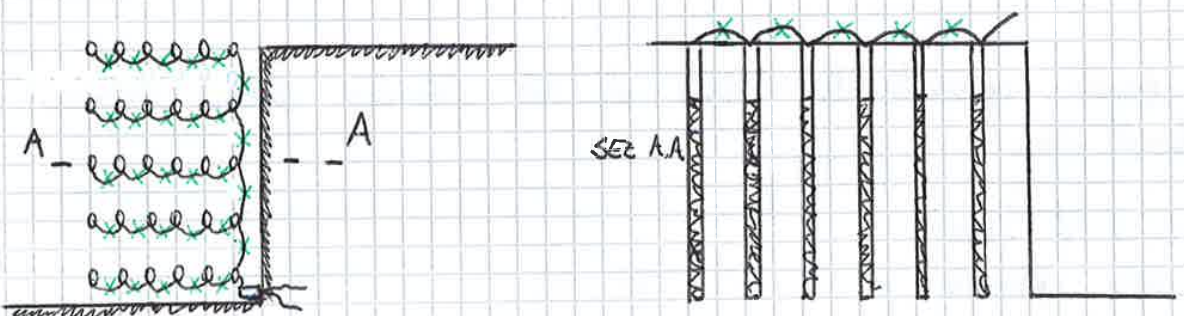


VISTA FRONTALE

6	5	3	3	5	6
5	3	2	2	3	5
5	2	1	1	2	3
4	1	2	2	1	4

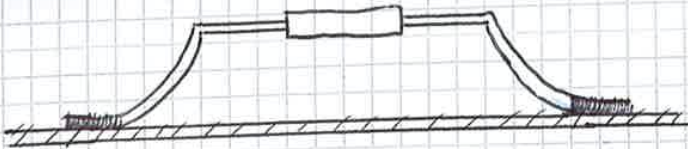
Lo schizzo a ventaglio sopra per allargamento di una pista o marcia costa è errata perché le norme che regolano per prime devono essere quelle in prossimità della superficie libera

2)



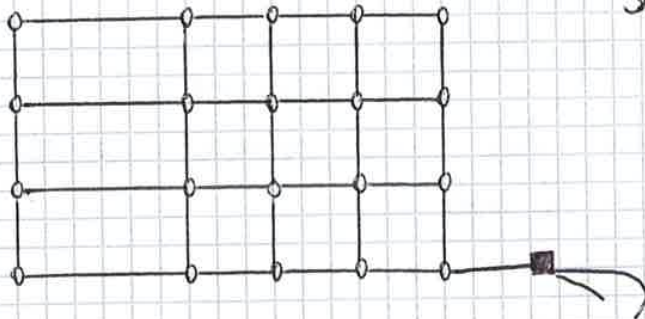
Lo schizzo della veduta per abbattimento a gradino è errata perché la curva deve essere a fondo foro e non a bocca foro come in figura.

8)



Lo schema in figura è valido perché il cavo va posto sullo stesso elemento portante.

9)



Superficie libera

Lo schema di solito per sbollimento o gradine con mine verticali su più file, predisposto per il bruciamento micro ritardato di ogni mina presenta due problemi:

- 1) asimmetria della maglia di tiro;
- 2) difficilmente realizzabile con mince detonante;

Esercizio n° 12

$$R_{id} = R_t + R_k = 1 + 2 \cdot 2 \cdot 0,061 = 1,24 \Omega$$

$$R_{SERIE} = 1,24 \cdot 30 = 37,2 \Omega$$

$$R_{L.T.} = 0,011 \cdot 50 = 0,55 \Omega$$

$$R_{L.E.} = 0,061 \cdot 40 = 2,44 \Omega$$

la linea di collegamento (40 m è la lunghezza minima che deve avere)

$$R_T = R_{SERIE} + R_{L.T.} + R_{L.E.} = 37,2 + 0,55 + 2,44 = 40,19 \Omega$$

Esercizio n° 14

$$R_{id} = R_t + R_k = 0,062 + 3 \cdot 2 \cdot 0,022 = 0,19 \Omega$$

$$R_{SERIE} = 0,19 \cdot 18 = 3,42 \Omega$$

Esercizio n° 14

$$V = R \cdot I \rightarrow R = \frac{V}{I} = \frac{150}{1.5} = 100 \Omega$$

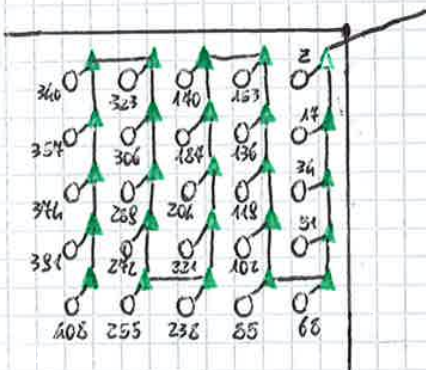
$$R_T = m_d R_d + R_{L.r.} + R_{I.e.} \rightarrow m_d = \frac{R_T - R_{L.r.} - R_{I.e.}}{R_d}$$

$$m_d = \frac{100 - 3 - 1}{0.66} \approx 145 \text{ detonatori}$$



Esercizio n° 18

a)

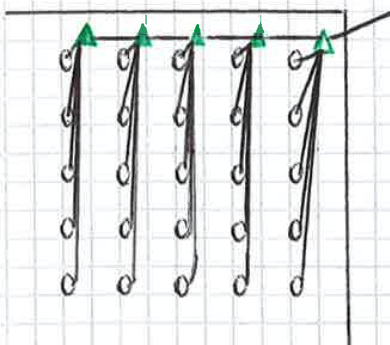


b)

Per rispettare l' esigenza di un brillamento diverso tra ogni mina occorre utilizzare:

- 1 unità di connessione da 0 ms
- 24 unità di connessione da 14 ms
- 25 detonatori a lungo ritardo da 500 ms

c)



Per realizzare il brillamento simultaneo delle mine della stessa fila occorre utilizzare:

- 1 unità di connessione da 0 ms
- 4 unità di connessione da 14 ms
- 25 detonatori a lungo ritardo da 500 ms

19/03/2015

# ESERCITAZIONE 2

## Esercizio n° 0

FORMULA MONOMIA :

$$Q_t = P.F. \quad E = V \cdot H$$

FORMULA BINOMIA :

$$Q_t = Q_b + Q_c$$

$$V = E = 10 \cdot \phi = 3,56 \text{ m}$$

$$U = 0,4 \cdot V = 1,42 \text{ m}$$

$$l_b = \frac{\gamma^2 \cdot \phi^2}{1245} = \frac{1,2 \cdot 88^2}{1245} = 4,45 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad \text{corica di fondo per metro}$$

$$h_b = U + V = 4,98 \text{ m} \quad \text{lunghezza corica di fondo}$$

$$Q_b = h_b \cdot l_b = 4,98 \cdot 4,45 = 22,1 \text{ kg} \quad \text{corica di fondo}$$

$$l_c = \frac{\gamma^2 \cdot \phi^2}{1245} = \frac{0,85 \cdot 88^2}{1245} = 5,28 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad \text{corica di colonna per metro}$$

$$h_c = L_b - h_b - \text{boraggio} = 18 - 4,98 - 3,56 = 9,46 \text{ m} \quad \text{lunghezza corica di colonna}$$

$$Q_c = l_c \cdot h_c = 49,95 \text{ kg} \quad \text{corica di colonna}$$

$$Q_t = Q_b + Q_c = 22,1 + 49,95 \approx 72 \text{ kg} \quad \text{corica totale}$$

$$V = E \cdot H \cdot V = 3,56 \cdot 16 \cdot 3,56 = 203 \text{ m}^3 \quad \text{volume ottenuto da una mina}$$

*altezza del gradino, quindi escludendo U (retroperforazione)*

$$SD = \frac{L_b}{V} = \frac{18}{203} = 0,09 \frac{\text{m}}{\text{m}^3} \quad \text{perforazione specifica}$$

$$P.F. = \frac{Q_t}{V} = \frac{72}{203} = 0,35 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \text{consumo specifico di energia}$$

Avendo utilizzato l' ANFO si ha  $\phi_{FORO} \approx \phi_{CARICATA}$

$$l_f = \frac{\gamma \cdot \phi_{FORO}^2}{1245} = \frac{0,8 \cdot 53^2}{1245} = 2,11 \frac{kg}{m}$$

$$h_f = L_f - V = 15 - 2,2 = 12,8 \text{ m}$$

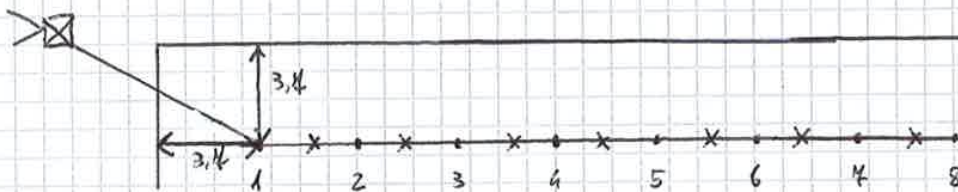
$$Q_f = l_f \cdot h_f = 2,11 \cdot 12,8 = 24 \text{ kg}$$

$$P.F. = \frac{Q_f}{V} = \frac{24}{64,13} = 0,4 \frac{kg}{m^3}$$

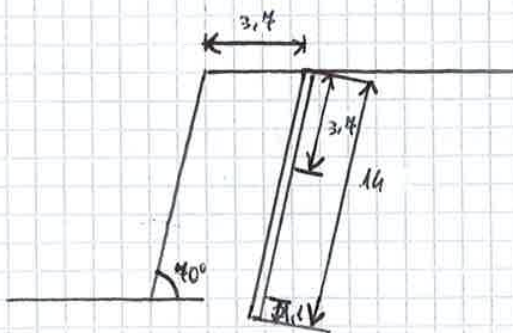
$$C.P.D. = 2 \cdot Q_f = 2 \cdot 24 = 54 \text{ kg} \quad \text{carico per ritardo}$$

### ESERCIZIO N° 3

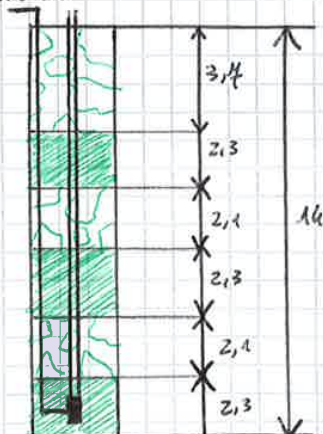
VISTA PLANIMETRICA :



SEZIONE LONGITUDINALE



SEZIONE FORO CARICATO



Esercizio n° 6

Si ricava dapprima il volume che compete alla ringhiera minima e poi il consumo specifico di esplosivo

$$V = E \cdot V \cdot H = 3 \cdot 2,5 \cdot 15 = 112,5 \text{ m}^3$$

$$P.F. = \frac{Q}{V} = \frac{35}{112,5} = 0,31 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

SOLUZIONE 1: riduzione dell'altezza del gradino

Mantenendo invariato il P.F., si ricade il volume che compete alla ringhiera minima impostandosi una carica Q pari alla nuova carica per ritardo:

$$P.F. = 0,31 = \frac{Q}{V_1} \rightarrow V_1 = \frac{Q}{0,31} = \frac{25}{0,31} \approx 81 \text{ m}^3$$

Rimanendo invariata spalla ed interone, si ricava la nuova altezza del gradino:

$$H_1 = \frac{V_1}{E \cdot V} = \frac{81}{3 \cdot 2,5} = 10,8 \text{ m} \rightarrow \text{perché modifiche onetti del cantiere}$$

SOLUZIONE 2: modifica della maglia di tiro

$$V_1 \approx 81 \text{ m}^3$$

Devendo mantenere l'altezza del gradino e non dovendo modificare il rapporto tra interone e spalla:

$$\begin{cases} V_1 \cdot E_1 = \frac{V_1}{H} \\ \frac{V_1}{E_1} = \frac{V}{E} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} V_1 \cdot E_1 = 5,4 \\ \frac{V_1}{E_1} = 0,83 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} E_1 = 2,5 \text{ m} \\ V_1 = 2,16 \end{cases} \rightarrow \text{perché per i costi della perforazione}$$

SOLUZIONE 3: frazionamento lungo foro del brillamento

$$U = 0,5 \cdot V = 0,5 \cdot 2,5 = 1,25 \text{ m}$$

$$L_f = H + U = 15 + 1,25 = 16,25 \text{ m}$$

Apportando il buroccia alla spalla, la lunghezza caricabile sarà:

$$L_e = L_f - B = 16,25 - 2,5 \approx 13,75 \text{ m}$$



Esercizio n° 6

$$V = E = 40 \phi = 40 \cdot 0,064 \approx 2,6 \text{ m}$$

Si può ipotizzare un bovraggio alla spalla

$$B = 2,6 \text{ m}$$

Essendo le mine verticali:

$$U = 0,5 \cdot V = 1,3 \text{ m}$$

$$\angle f = H + U = 12 + 1,3 = 13,3 \text{ m}$$

Il volume che compete alla singola mina:

$$V = E \cdot V \cdot H = 2,6 \cdot 2,6 \cdot 12 \approx 81 \text{ m}^3$$

$$Q = P.F. \cdot V = 0,32 \cdot 81 \approx 26 \text{ Kg}$$

$$l_c = \frac{\gamma \cdot \phi^2}{1245} = \frac{1,1 \cdot 64}{1245} = 3,5 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

carico per metro

$$h_r = \frac{Q}{l_c} = \frac{26}{3,5} \approx 4,4 \text{ m}$$

altezza caricata

La lunghezza caricabile vale:

$$L_c = \angle f - B = 13,3 - 2,6 = 10,7 \text{ m}$$

È maggiore dell'altezza caricata; non pertanto necessario, durante il caricamento, realizzare un bovraggio intermedio

Si impone:

$$h_f = V + U = 2,6 + 1,3 = 3,9 \text{ m}$$

altezza carica di fondo

$$h_e = h_r - h_f = 4,4 - 3,9 = 3,5 \text{ m}$$

carico di colonna

realizzato da un bovraggio intermedio:

$$B_i = L_c - h_r = 10,7 - 4,4 = 3,3 \text{ m}$$

## ESERCITAZIONE 3

### Esercizio n° 1

Nell'oboe con la coordinata del 85% si ottiene  $\frac{D}{D_{max}} = 0,6$

$$D_{max} = \frac{D}{0,6} = \frac{0,8}{0,6} \approx 1,33 \text{ m}$$

Nell'oboe, entrando con  $\frac{D_{max}}{V} \approx 0,64$  si ricava  $\frac{P.F.}{P.F._{min}} \approx 1,48$

e quindi si ricava:  $P.F. = 1,48 \cdot P.F._{min} = 1,48 \cdot 0,18 \approx 0,24 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

### Esercizio n° 2

Nell'oboe con la coordinata del 90% si ottiene  $\frac{D}{D_{max}} = 0,45$

$$D_{max} = \frac{D}{0,45} = \frac{1}{0,45} = 2,2 \text{ m}$$

Conoscendo entrambi i P.F., si entra nell'oboe con  $\frac{P.F.}{P.F._{min}} = 1,5$  ricavando

$\frac{D_{max}}{V} = 0,65$  da cui si ricava la spalla:

$$V = \frac{D_{max}}{0,65} = \frac{2,2}{0,65} = 3,4 \text{ m}$$

### Esercizio n° 3

Entrando nell'oboe con  $\frac{D}{D_{max}} = \frac{0,5}{2,2} \approx 0,23$  si ottiene la percentuale di materiale abbattuto con  $D$  maggiore di 0,5 metri, pari al 40%

### Esercizio n° 4

$$V = 40 \phi = 40 \cdot 0,064 \approx 2,6 \text{ m}$$

Poiché è nota la percentuale di pomante abbattuto, ovvero 85%, si ricava

$$\frac{D}{D_{max}} \approx 0,34$$

$$m^2_{\text{mine}} = \frac{V_{\text{velata}}}{V_{\text{mine}}} = \frac{2600}{135} = 25$$

circonferenza con

$$Q_{\text{mine}} = \frac{Q_{\text{velata}}}{m^2_{\text{mine}}} = \frac{886}{25} \approx 38,5 \text{ kg}$$

Per scegliere il m foro deve scegliere la sua lunghezza.

$$H = \text{rima} (\angle_f - U) \rightarrow \angle_f = \frac{H}{\text{rima}} + U = \frac{16}{\text{rim} 80^\circ} + 0,62 \approx 16,86 \text{ m}$$

$$\angle_f m^2_{\text{mine}} = 16,86 \cdot 25 = 371 \text{ m di foro su velata}$$

$$SD = \frac{\angle}{V_{\text{mine}}} = \frac{16,86}{135} \approx 0,11 \frac{\text{m}}{\text{m}^2}$$

Esendo  $\angle = 16,86 \text{ m}$ .

$$\frac{\text{m m.d.}}{1 \text{ mine}} \approx 15,5 \text{ m}$$

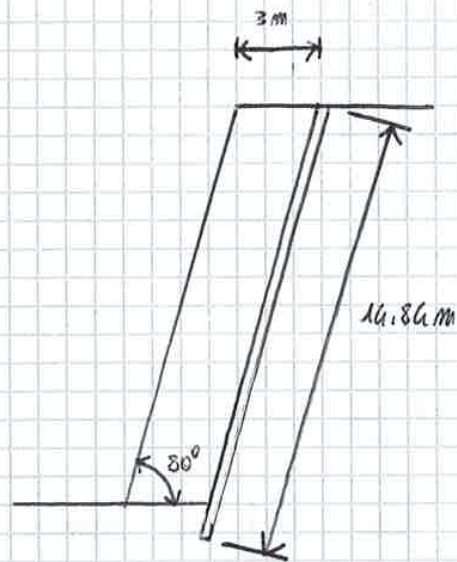
$$\frac{\text{m m.d.}}{\text{velata}} = 15,5 \cdot 25 = 387,5 \text{ m}$$

$$\frac{m^2 \text{ det.}}{\text{velata}} = m^2_{\text{mine}} = 25$$

VISTA PLANIMETRICA



SEZIONE LONGITUDINALE



Esercizio n° 6

$$E = V = 40 \cdot \phi = 40 \cdot 0,045 = 3 \text{ m}$$

$$V_{\text{mine}} = E \cdot H \cdot V = 3 \cdot 12 \cdot 3 = 108 \text{ m}^3$$

Esercizio n° 4

Prima di tutto definiamo la maglia di tiro:

$$E = V = 40 \cdot \phi = 40 \cdot 0,064 = 2,6 \text{ m}$$

$$V_{\text{mina}} = E \cdot H \cdot V = 2,6 \cdot 12 \cdot 2,6 \approx 81 \text{ m}^3$$

$$P = 5 \cdot 1500 = 4500 \text{ t}$$

$$V_{\text{velata}} = \frac{3450}{2,65} \approx 1615 \text{ m}^3$$

da cui ricaviamo il numero di mine, ricordando che le velate sono 2 a settimana

$$n^{\circ} \text{ mine} = \frac{V_{\text{velata}}}{V_{\text{mina}}} = \frac{1615}{81} \approx 18 \text{ mine}$$

Vista l'inclinazione  $U = 0,4 V = 0,4 \cdot 2,6 \approx 1 \text{ m}$

$$L_f = \frac{H}{\sin \alpha} + U = \frac{12}{\sin 40^{\circ}} + 1 \approx 13,8 \text{ m}$$

Da cui è possibile ricavare  $\frac{\text{m foro}}{\text{velata}}$ :

$$L_f \cdot n^{\circ} \text{ mine} = 13,8 \cdot 18 \approx 248 \text{ m}$$

$$SD = \frac{L_f}{V_{\text{mina}}} = \frac{13,8}{81} = 0,17 \frac{\text{m}}{\text{m}^3}$$

Conoscendo la percentuale di nitrato, per il 90% si ricava:

$$\frac{D}{D_{\text{max}}} \approx 0,66 \rightarrow D_{\text{max}} = \frac{D}{0,66} = \frac{0,8}{0,66} \approx 1,46 \text{ m}$$

Dall'altro lato con  $\frac{D_{\text{max}}}{V} = \frac{1,46}{2,6} \approx 0,64$  si ricava:

$$\frac{P.F.}{P.F. \text{ min}} \approx 1,64 \rightarrow P.F. = P.F. \text{ min} \cdot 1,64 = 0,18 \cdot 1,64 \approx 0,24 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$Q = P.F. \cdot V_{\text{mina}} = 0,24 \cdot 81 \approx 22 \text{ kg}$$

Da cui ricavo l'esplosivo totale:

$$Q_{\text{tot}} = Q \cdot n^{\circ} \text{ mine} = 22 \cdot 18 = 396 \text{ kg}$$

## ESERCITAZIONE 2

### Esercizio n° 1

Si sceglie, per evitare OB ed RS, il fionetto da 32 mm per la perforazione.

Ipotezzando una maglia quadrata

$$E = V = 30 \cdot \phi_f \approx 1 \text{ m}$$

per le mine di produzione, mentre

$$E_p \approx 10 \cdot \phi_{\text{mine}} \approx 0,3 \text{ m}$$

per le mine di profilatura

Avendo impostato una maglia quadrata per le mine di produzione ed essendo la lunghezza della trincea pari a 6 metri, non avendo limitazione di carica per ritardo si ipotizzo che ogni relata ovvero di 6 metri in modo da avere:

$$- 20 \frac{\text{mine}}{\text{relata}} \text{ per } 2 \text{ lotti} = 40 \text{ mine di produzione per relata}$$

$$- 5 \frac{\text{mine}}{\text{file}} \text{ per } 6 \text{ file} = 30 \text{ mine di produzione per relata}$$

Per le mine di produzione:

$$V_{\text{mine}} = E \cdot V \cdot H = 5 \text{ m}^3$$

Vista il ridotto diametro di perforazione, come esplosivo si utilizzeranno cariche di dinamite

$$l_c = \frac{\gamma_c \cdot \phi_{\text{caricce}}^2}{1245} = \frac{1,25 \cdot 25^2}{1245} \approx 0,61 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$L_f = H + U = H + 0,5 \cdot V = 5,5 \text{ m}$$

$$h_c = L_f - B = L_f - 0,5 \cdot V = 5 \text{ m}$$

$$Q_{\text{mine}} = l_c \cdot h_c \approx 3,05 \text{ kg}$$

$$P.F. = \frac{Q_{\text{mine}}}{V_{\text{mine}}} = \frac{3,05}{5} \approx 0,61 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Questo valore risulta leggermente elevato, in quanto P.F. non dovrebbe essere troppo

$$h_e = L_f - B = H + U - B = 5 \text{ m}$$

Per le mine di prefilatura

$$l_s = 0,5 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

portata:

$$Q_s = h_e \cdot l_s = 2,5 \text{ kg}$$

Ne consegue, che, per ogni rotolo, possono bullare simultaneamente:

$$\frac{\text{n}^\circ \text{ mine, } S}{\text{rotolo}} = \frac{\text{C.P.D.}}{Q_s} = 16$$

Si sceglie la velocità come segue:

Avvicinamento pari a 6,4 m

$$11 \frac{\text{mine}}{\text{fila}} \times 6 \text{ file di mine di produzione con } Q_{\text{rotolo}} = 66 \cdot 6,4 \approx 282 \text{ kg}$$

$$8 \frac{\text{mine}}{\text{lotto}} \times 2 \text{ lotti di mine di prefilatura con } Q_{\text{rotolo}, S} = 16 \cdot 2,5 = 40 \text{ kg}$$

Verifica del rispetto del minimo di rotoli disponibili

$$\frac{\text{n}^\circ \text{ rotoli}}{\text{velocità}} = \text{n}^\circ \text{ rotoli, produzione} + \text{n}^\circ \text{ rotoli, prefilatura} = \frac{66}{6} + 1 = 8 < 12$$

$$\frac{\text{n}^\circ \text{ detonatori}}{\text{velocità}} = \text{n}^\circ \text{ detonatori, produzione} + \text{n}^\circ \text{ detonatori, prefilatura} = 66 + 16 = 80$$

$$\frac{\text{m fori}}{\text{velocità}} = (66 + 16) \cdot 5,8 = 368 \text{ m}$$

Per la meditazione di tutto il cono servono macchine:

$$\text{n}^\circ \text{ rotoli} = \frac{500}{6,4} = 48$$

$$Q_{\text{rot}} = 282 \cdot 48 + 40 \cdot 48 \approx 25120 \text{ kg}$$

$$\text{n}^\circ \text{ detonatori, tot} = 60 \cdot 48 = 6680$$

$$\text{m fori, tot} = 368 \cdot 48 \approx 24150 \text{ m}$$

$$S.D. = \frac{\text{m fori, tot}}{V_{\text{tot}}} = \frac{24150}{500 \cdot 20 \cdot 5} \approx 0,5 \frac{\text{m}}{\text{m}^3}$$

$$V_{\text{volata}} = 12 \cdot 8,6 \cdot 6,5 \approx 518 \text{ m}^3$$

lunghezza 6 mine

$$P.F. = \frac{142 + 60}{518} \approx 0,45 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$S.D. = \frac{(30 + 24) \cdot 5,7}{518} \approx 0,55 \frac{\text{m}}{\text{m}^3}$$

lunghezza fori

### Esercizio n° 5

Definita con  $S$  la superficie totale da distacco, si ha che:

$$S = S_1 + S_2 + S_3 = (35 \cdot 6) + (6 \cdot 5) + (35 \cdot 5) = 415 \text{ m}^2$$

Il volume totale della bomba vale:

$$V = 35 \cdot 6 \cdot 5 = 1050 \text{ m}^3$$

Utilizzando la formula empirica per il calcolo di B.F. nel caso di splitting dinamico:

$$P.F. = a + b \cdot \frac{S}{V} + c \cdot S = 10,52 + 26,45 \cdot \frac{415}{1050} + 28,44 \cdot 0,1 \approx 24 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}$$

Prevedendo di usare miccia detonante di granulazione  $q = 12 \frac{\text{g}}{\text{m}}$  di PETN:

$$m_{\text{m.d.}} = P.F. \cdot \frac{V}{q} = 24 \cdot \frac{1050}{12} = 2100 \text{ m}$$

$$S.C. \text{ md} = \frac{m \text{ md}}{V} = \frac{2100}{1050} = 2 \frac{\text{m}}{\text{m}^3}$$

$$Q_{\text{PETN}} = m \text{ md} \cdot q = 2100 \cdot 12 = 25200 \text{ g}$$

massa di PETN

Scegliendo la posizione dei fori pari a:

$$E \approx 10 \cdot \phi_{\text{foro}} \approx 0,3 \text{ m}$$

da cui ricavare la lunghezza totale dei fori:

$$L = \frac{S}{E} = \frac{415}{0,3} \approx 1383 \text{ m}$$

$$S.D. = \frac{L}{V} = \frac{1383}{1050} \approx 1,3 \frac{\text{m}}{\text{m}^3}$$

### b) TAGLIO SECONDARIO - prima fase

Questa fase riguarda la suddivisione della bontà in 3 fette

$$V_{1 \text{ fetta}} = 1,8 \cdot 9 \cdot 3,5 \approx 54 \text{ m}^3$$

$$S_{1 \text{ fetta}} = 9 \cdot 3,5 = 31,5 \text{ m}^2$$

e di conseguenza

$$S = S_{1 \text{ fetta}} \cdot 4 = 220,5 \text{ m}^2$$

$$L_{f, 1 \text{ fetta}} = \frac{S_{1 \text{ fetta}}}{E} = \frac{31,5}{0,16} \approx 194 \text{ m}$$

$$L_f = L_{f, 1 \text{ fetta}} \cdot 4 \approx 1380 \text{ m}$$

Per quanto riguarda l'una delle miccio detarante

$$m_{\text{mdl}, 1 \text{ fetta}} = L_{f, 1 \text{ fetta}} + 9 = 206 \text{ m}$$

$$m_{\text{mdl}} = m_{\text{mdl}, 1 \text{ fetta}} \cdot 4 = 1642 \text{ m}$$

$$P.F._{\text{mdl}} = m_{\text{mdl}} \cdot \frac{q}{V} = 206 \cdot \frac{12}{54} \approx 43,4 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$Q_{\text{PETN}, 1 \text{ fetta}} = P.F._{\text{mdl}} \cdot V_{1 \text{ fetta}} = 43,4 \cdot 54 \approx 2,5 \text{ kg}$$

$$Q_{\text{PETN}} = Q_{\text{PETN}, 1 \text{ fetta}} \cdot 4 = 14,5 \text{ kg}$$

$$M_{\text{foli}} = \left( \frac{9}{0,16} \right) \cdot 4 \approx 384$$

$$S.D. = \frac{L_f}{V} = \frac{1380}{388} = 3,5 \frac{\text{m}}{\text{m}^3}$$

### c) TAGLIO SECONDARIO - seconda fase

Quest'ultima fase di taglio riguarda la suddivisione delle 3 fette in 5 blocchi commerciali

$$V_{1 \text{ blocco}} = 1,8 \cdot 1,8 \cdot 3,5 = 11,34 \text{ m}^3$$

$$S_{1 \text{ blocco}} = 1,8 \cdot 3,5 = 6,3 \text{ m}^2$$

$$S = S_{1 \text{ blocco}} \cdot 4 \cdot 4 = 146,4 \text{ m}^2$$



$$\frac{n^{\circ} \text{ mine}}{\text{volata}} = 15 \cdot 5 = 45 \frac{\text{mine}}{\text{volata}}$$

$$L_{f, \text{tot}} = L_f \cdot 45 = 420 \text{ m/volata}$$

Devendo avere l'80% della penetrazione non superiore di 40 cm, dall'altro ricevo:

$$\frac{D}{D_{\text{max}}} = 0,32 \rightarrow D_{\text{max}} = \frac{D}{0,32} = \frac{0,4}{0,32} = 1,25 \text{ m}$$

Dall'altro disco, mi to:

$$\frac{D_{\text{max}}}{V} = \frac{1,25}{1,6} = 0,48 \quad \text{ricevo} \quad \frac{P.F.}{P.F. \text{min}} = 1,3$$

$$\text{da cui, sovrapposto } P.F. \text{min} = 0,18 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$P.F. = 0,23 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$Q_{\text{produzione}} = P.F. \cdot V_{\text{produzione}} = 0,23 \cdot 12,8 \approx 3 \text{ kg}$$

Per le mine di profilatura:

$$h_c = L_f - B = 5 \text{ m}$$

$$l_s = 0,23 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$Q_{\text{profilatura}} = h_c \cdot l_s = 1,15 \text{ kg}$$

$$13 \frac{\text{mine}}{\text{fila}} \times 5 \text{ file di mine di produzione con } Q_{\text{volata}} = 65 \cdot 3 = 195 \text{ kg}$$

$$2 \frac{\text{mine}}{\text{fila}} \times 5 \text{ file di mine di profilatura con } Q_{\text{volata}} = 10 \cdot 1,15 = 11,5 \text{ kg}$$

$$P.F. = \frac{195 + 11,5}{400} \approx 0,3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

# ESERCITAZIONE 6

## Esercizio n° 1

Considerando l'utilizzo della sola pala coibitica, il tempo di ciclo per la raccolta alla generica distanza è pari a:

$$t_{d_i, p} = \frac{d_i}{v_{coib, p}} + \frac{d_i}{v_{ruota, p}} + t_{K, p} + t_{sv, p} + t_{m, p} \quad i = 100, 500, 1000, 1500$$

Pertanto per le 4 distanze:

$$t_{d_{100}, p} = 138 \text{ s}$$

$$t_{d_{500}, p} = 331 \text{ s}$$

$$t_{d_{1000}, p} = 542 \text{ s}$$

$$t_{d_{1500}, p} = 812 \text{ s}$$

Considerando turno di 4 ore = 25200 s e la capacità delle benne si ricorre:

$$n_{cicli, d_{100}} = \frac{25200}{138} = 182 \rightarrow Q_{d_{100}, p} = 428 \text{ m}^3 \rightarrow C_{u, d_{100}, p} = 0,22 \frac{\text{€}}{\text{m}^3}$$

$$n_{cicli, d_{500}} = \frac{25200}{331} = 76 \rightarrow Q_{d_{500}, p} = 304 \text{ m}^3 \rightarrow C_{u, d_{500}, p} = 0,53 \frac{\text{€}}{\text{m}^3}$$

$$n_{cicli, d_{1000}} = \frac{25200}{542} = 46 \rightarrow Q_{d_{1000}, p} = 146 \text{ m}^3 \rightarrow C_{u, d_{1000}, p} = 0,91 \frac{\text{€}}{\text{m}^3}$$

$$n_{cicli, d_{1500}} = \frac{25200}{812} = 31 \rightarrow Q_{d_{1500}, p} = 124 \text{ m}^3 \rightarrow C_{u, d_{1500}, p} = 1,29 \frac{\text{€}}{\text{m}^3}$$

Si consideri il sistema pala + dumpex.

Si ipotizza che la pala debba compiere solo i tempi fissi di ciclo (riempimento, svuotamento e manovra) tenendo conto che servono 3 benne per riempire il dumpex. Il generico tempo di ciclo sarà:

$$t_{d_i, p+d} = 3(t_{K, p} + t_{sv, p} + t_{m, p}) + \frac{d_i}{v_{coib, d}} + \frac{d_i}{v_{ruota, d}} + t_{sv+m, d}$$