

Capitolo I

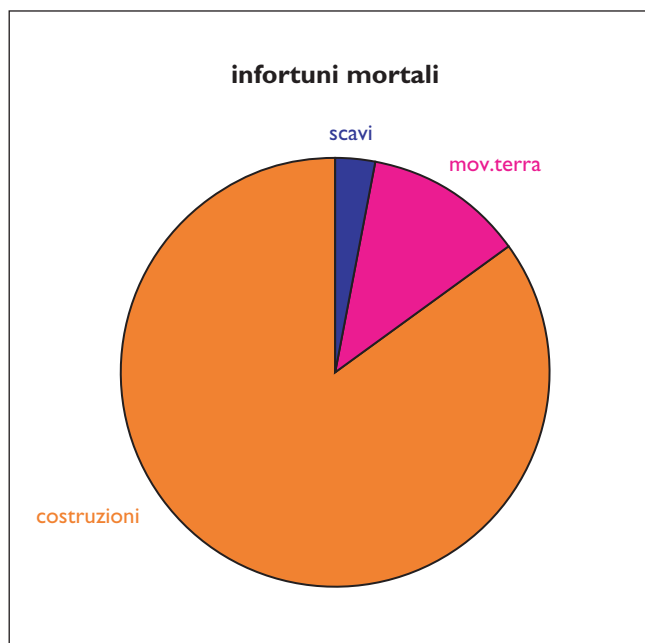
Dati statistici sull'andamento degli infortuni

Gli infortuni nelle attività di scavo

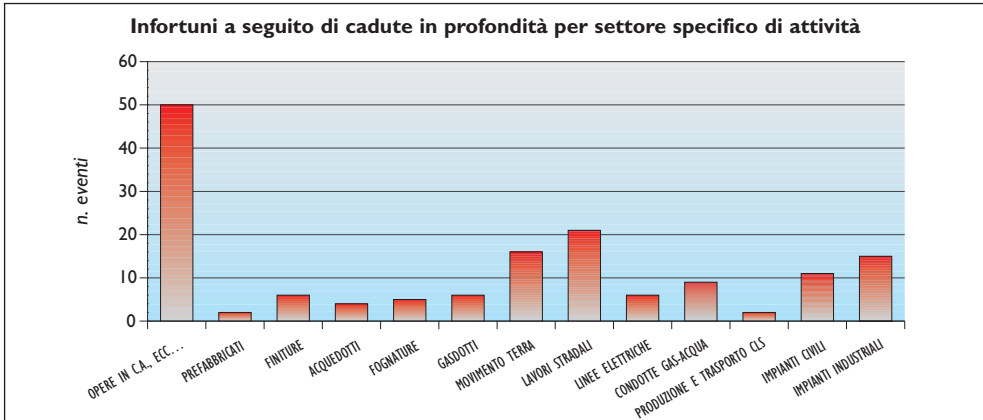
Il settore delle costruzioni è tra quelli che ha da sempre versato un pesante e triste tributo in termini di infortuni mortali al bilancio annuale dell'INAIL. In Italia i casi mortali in complesso (Industria e Servizi) si aggirano sulle 1200 unità.

Nel rapporto annuale 2001 dell'INAIL (pubblicato nel luglio 2002) venivano indicati per il settore Costruzioni ben 264 infortuni mortali: il valore è comunque elevato, ma il trend che si registra è quello di una riduzione rispetto al passato, nonostante il settore abbia conosciuto nel corso dell'anno una forte crescita occupazionale.

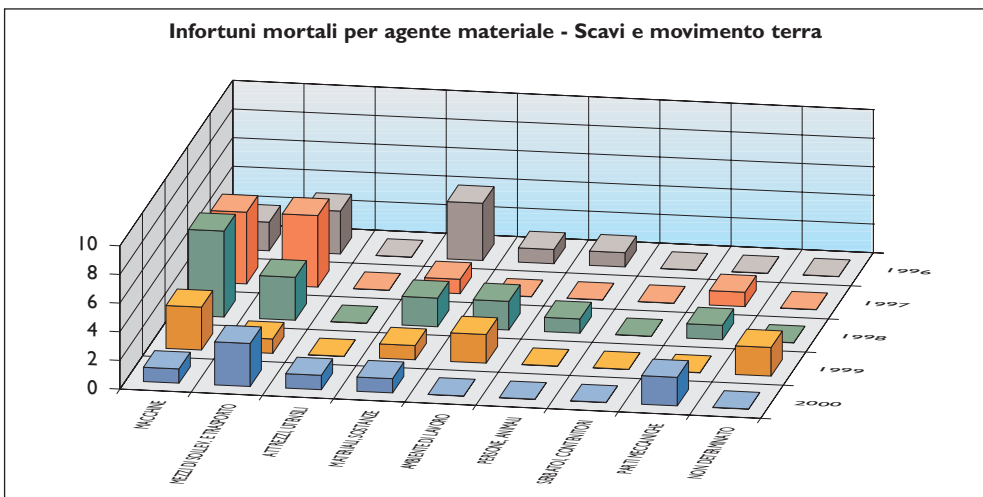
Nell'ambito degli infortuni mortali, il 12% risulta verificatosi in attività di movimento terra, con uno specifico 3% avvenuto in scavi.



Se si ricercano gli infortuni avvenuti a seguito di cadute (in buche, scavi, fosse, ecc. - grafico seguente) si nota che la maggior parte di questi è avvenuto nelle attività di costruzione di edifici ovvero nell'edilizia in senso stretto, con punte elevate anche nei settori movimento terra e lavori stradali, dove maggiori sono le cubature in gioco; in settori come le fognature e la costruzione di acquedotti, l'incidenza si riduce notevolmente.

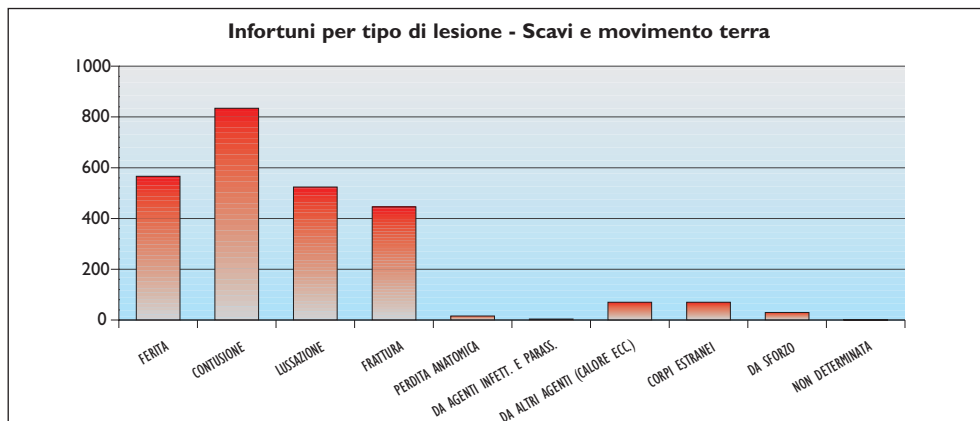


Nell'ambito dei lavori di movimento terra (scavi, sterri, riporti o rinterri, preparazione aree prefabbricabili, scavi di fondazione, ecc.), come forma di accadimento più frequente risulta "colpito da...", seguito da "cadute dall'alto" e da "urtato contro"; gli agenti materiali sono rappresentati da materiali solidi e mezzi di trasporto; nel caso degli infurtuni mortali gli agenti materiali sono rappresentati principalmente da mezzi di trasporto e da macchine operatrici.

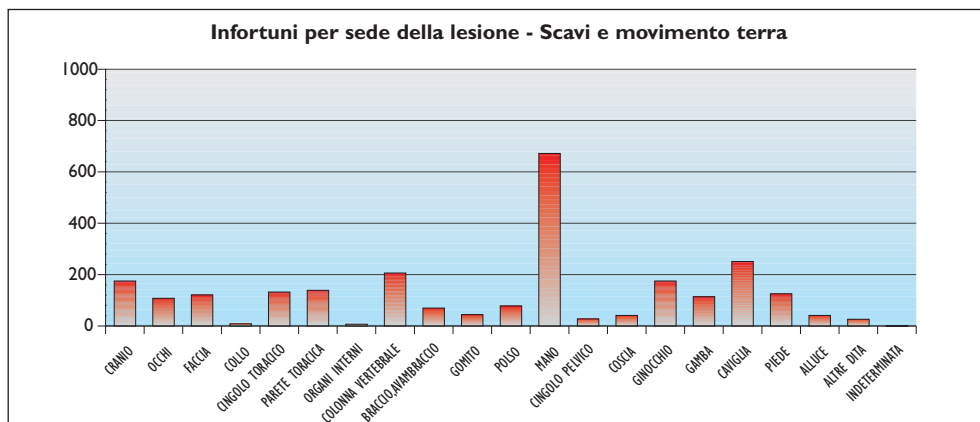


Le lesioni più comuni sono le contusioni e le ferite, mentre le sedi più colpite sono mani, caviglie, piede e ginocchio. Ancora una volta la differenza è nei casi mortali, dove prevalenti sono le fratture e la sede è rappresentata principalmente dal cranio.

Le macchine operatrici ed i mezzi di trasporto, come causa principale di infurtuno mortale, danno un'indicazione di una realtà lavorativa dove anco-



ra una volta non è attuata la necessaria opera di formazione ed informazione dei lavoratori e dove forse anche l'eccesso di confidenza nelle potenzialità del mezzo (ma non della sua pericolosità per sé e nei confronti di terzi) determinano una sottovalutazione tutta personale dei rischi presenti e ad esso connessi; un'ulteriore indicazione potrebbe essere quella relativa alla carenza o inadeguatezza della segnaletica nel cantiere, nonché della non corretta organizzazione degli spazi a disposizione.



Le sedi delle lesioni - contusioni e ferite - rappresentate da mani, piedi, caviglie e ovviamente cranio fanno pensare ad un cattivo o ridotto uso dei più comuni DPI (guanti, scarpe, elmetto).

Per quanto riguarda la distribuzione, gli infortuni risultano concentrati principalmente nel Nord Italia (Veneto, Lombardia, Emilia-Romagna, subito seguita dalla Toscana).

Al triste primato per gli infortuni mortali si aggiungono alle precedenti Campania e Sicilia.

Capitolo II

Il quadro normativo

I principali riferimenti di legge

In Italia non esistono norme specifiche per la prevenzione infortuni nell'esecuzione di scavi (come ad esempio nella Confederazione Elvetica).

L'attività di scavo è però oggetto di alcuni capi specifici della vigente normativa italiana sulla sicurezza nei cantieri, e precisamente:

- **D.P.R n. 164 del 07/01/1956** norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro nelle costruzioni;
- **D.Lgs. n. 494 del 14 Agosto 1996, così come modificato dal D.Lgs. n. 528 del 19 Novembre 1999 Attuazione della direttiva 92/57/CEE concernente le prescrizioni minime di sicurezza e di salute da attuare nei cantieri temporanei o mobili e la sua modifica**
- **DECRETO PRESIDENTE CONSIGLIO MINISTRI 14 ottobre 1997, n. 412** - *Regolamento recante l'individuazione delle attività lavorative comportanti rischi particolarmente elevati, per le quali l'attività di vigilanza può essere esercitata dagli Ispettorati del Lavoro delle Direzioni Provinciali del Lavoro.*

Inoltre, l'attività di scavo è oggetto di alcuni punti del:

- **Decreto Ministero dei Lavori Pubblici 11 marzo 1988 e Circolare del Ministero dei lavori Pubblici 24/09/88 n. 30483** *Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.*

I testi integrali della normativa sopracitata, assieme ad altra specifica per la sicurezza dei lavoratori, sono riportati in appendice, con i relativi indirizzi Internet per la ricerca sul Web.

Ricordiamo, inoltre, che il D. Lgs. 494/96 è oggetto di una apposita pubblicazione INAIL di questa stessa collana, alla quale si rimanda per gli approfondimenti sul Decreto in questione, nel cui merito non si entrerà in questa

sede, se non per le parti di specifico interesse.

Il DPR 164/56 costituisce a tutt'oggi l'unico riferimento di legge che contiene indicazioni di tipo tecnico a cui attenersi per la corretta applicazione della nuova disciplina di derivazione comunitaria rappresentata dal D.Lgs. 494 e continuerà, pertanto, a trovare applicazione per tutto quanto concerne le prescrizioni squisitamente tecniche e le misure preventive.

Il D.Lgs. 494/96 contiene infatti indicazioni di tipo gestionale/organizzativo, senza entrare nel merito "tecnico" della questione.

Il DPCM 14/10/1997 n. 412 inoltre riporta l'individuazione di attività lavorative comportanti rischi particolarmente elevati, e tra cui compaiono: "... attività nel settore delle costruzioni edili o di genio civile e più in particolare lavori di costruzione, [...] scavi, [...]".

In particolare, nel D.Lgs. 494 viene prevista la stesura del piano di sicurezza e di coordinamento che deve contenere: "...l'individuazione, l'analisi e la valutazione dei rischi, e le conseguenti procedure, gli apprestamenti e le attrezzature atti a garantire, per tutta la durata dei lavori, il rispetto delle norme per la prevenzione degli infortuni e la tutela della salute dei lavoratori, [...]. Il piano è costituito da una relazione tecnica e prescrizioni correlate alla complessità dell'opera da realizzare ed alle eventuali fasi critiche del processo di costruzione. In particolare il piano contiene [...]:

h) misure generali di protezione contro il rischio di seppellimento da adottare negli scavi ...".

Inoltre, nell'allegato II - elenco dei lavori comportanti rischi particolari per la sicurezza e la salute dei lavoratori di cui all'articolo 11, comma 1, vengono indicati:

"1. Lavori che espongono i lavoratori a rischi di seppellimento o di sprofondamento a profondità superiore a m 1,5 o di caduta dall'alto da altezza superiore a m 2, se particolarmente aggravati dalla natura dell'attività o dei procedimenti attuati oppure dalle condizioni ambientali del posto di lavoro o dell'opera.

[...]

6. Lavori in pozzi, sterri sotterranei e gallerie."

Le indicazioni tecniche per la protezione contro il rischio di seppellimento da adottare negli scavi vengono invece fornite nell'ambito del **D.P.R. n. 164** del 07/01/1956, che si applica "[...] alle attività che, da chiunque esercitate e alle quali siano addetti lavoratori subordinati, concernono la esecuzione dei lavori di costruzione, manutenzione, riparazione e demolizione di opere fisse, permanenti o temporanee, in muratura, in cemento armato, in metallo, in legno e in altri materiali, comprese le linee e gli impianti elettrici, le opere stradali, ferroviarie, idrauliche, marittime, idroelettriche, di bonifica, sistemazione forestale e di sterro."

In questo decreto, al capo II vengono date disposizioni di carattere generale per viabilità nei cantieri (art. 4), scale a mano (art. 8), cinture di sicurezza (art. 10), mentre al capo III vengono fornite indicazioni specifiche per scavi e fondazioni.

La normativa sugli scavi si esaurisce totalmente in 4 articoli:

- Art. 12. SPLATEAMENTO E SBANCAMENTO
- Art. 13. POZZI, SCAVI E CUNICOLI
- Art. 14. DEPOSITO DI MATERIALI IN PROSSIMITÀ DEGLI SCAVI
- Art. 15. PRESENZA DI GAS NEGLI SCAVI

In questi quattro articoli si ritrovano alcune prescrizioni, quale ad esempio la necessità di provvedere all'applicazione di armature di sostegno in scavo di pozzi e trincee più profondi di 1,5 m, ma non vengono specificate le caratteristiche di queste armature.

Inoltre, non vengono fornite indicazioni più dettagliate sulle dimensioni di "sicurezza" di uno scavo, in funzione delle caratteristiche del terreno.

Maggiore attenzione a tali problematiche viene invece dedicata dalla **Confederazione Elvetica**, che ha prodotto un'Ordinanza ad hoc per la sicurezza nelle attività di scavo con numerosi articoli relativi alle armature e alle geometrie degli scavi: "**ordinanza** concernente la prevenzione degli infortuni nell'esecuzione di scavi, pozzi e lavori del genere, del 13 settembre 1963 (832.311.11), che si applica ai lavori per scavi, pozzi e simili, quando essi siano eseguiti da imprese sottoposte all'assicurazione obbligatoria in virtù della legge federale del 13 giugno 1911 sull'assicurazione contro le malattie e gli infortuni".

Nei 32 articoli dell'Ordinanza vengono presi in considerazione, quindi, i vari aspetti dell'attività, e vengono date indicazioni molto precise e dettagliate su scale, DPI, condotte, caratteristiche geometriche degli scavi, tipi di armature, lavori di drenaggio e disarmo.

All'inizio di questo capitolo è stato citato il **D.M. 11 marzo 1988** con relativa Circolare del Ministero dei lavori Pubblici 24/09/88 n. 30483 (*Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione*), in quanto è stato ritenuto di notevole importanza per la corretta esecuzione di opere che prevedano l'apertura di scavi in condizioni di sicurezza.

Dalla lettura di questo decreto emerge l'importanza dello studio geologico e tecnico per tutte le opere; infatti la relazione geologica e la relazione geotecnica sono prescritte dal decreto in parola per la realizzazione di buona parte delle opere indicate nello stesso (lett. F, G, E, H, I, L, M, O). Per la realizzazione degli interventi di cui alle lettere C (opere di fondazione), D (opere di

sostegno) ed N (drenaggi e filtri) è richiesta la relazione geotecnica. La relazione geologica prende in esame ed interpreta tutte le operazioni conoscitive riguardanti i caratteri naturali e fisici dei terreni e delle rocce riferite ad una fase che precede la definizione dei parametri tecnici di progetto; definizione, quest'ultima, che compete alla relazione geotecnica. Riguardo alle finalità ed ai contenuti della relazione geotecnica, questa ha lo scopo di definire il comportamento meccanico del volume di terreno che è influenzato, direttamente od indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che, a sua volta, condiziona la staticità del manufatto stesso. Ai fini della sottoscrizione dei relativi atti, il geologo ha la competenza per redigere la relazione geologica con le relative caratterizzazioni, oltre che a programmare ed interpretare le indagini geologico-tecniche necessarie. Il Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 11 marzo 1988 è prettamente tecnico, e non specificamente riferito alla sicurezza dei lavoratori: il rispetto, però, delle semplici norme di buona tecnica qui indicate sarebbe sufficiente ad evitare buona parte delle situazioni di pericolo nei lavori di scavo. Nel punto A.2 viene sottolineata l'importanza della conoscenza delle caratteristiche del terreno su cui si va ad intervenire:

“Le scelte di progetto, i calcoli e le verifiche devono essere sempre basati sulla caratterizzazione geotecnica del sottosuolo ottenuta per mezzo di rilievi, indagini e prove.”

Particolare attenzione sarà dedicata alle opere provvisorie, quali scavi con o senza armatura, opere di sostegno, procedimenti per abbassamenti della falda, ancoraggi, consolidamenti, ecc.. Le opere provvisorie vanno progettate con criteri analoghi a quelli delle opere a carattere permanente. Per le opere di sostegno (punto D) è altrettanto importante la conoscenza del contesto in cui si colloca l'opera.

“Il comportamento dell'opera di sostegno (D.2 Criteri di progetto), inteso come complesso struttura-terreno, deve essere esaminato tenendo conto della successione e delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni di fondazione e di eventuali materiali di riporto interessati dall'opera, delle falde idriche, del profilo della superficie topografica del terreno prima e dopo l'inserimento dell'opera [...].

[...]

Deve essere verificata la stabilità dell'opera di sostegno e del complesso opera-terreno.”

La conoscenza mitiga il rischio e permette di prevenirlo con azioni correttive opportune.

In particolare, al punto D.8:

Armature per il sostegno degli scavi: *“La verifica deve essere eseguita per scavi in trincea di profondità superiore ai 2 metri, nei quali sia prevista la permanenza di operai e per scavi che ricadano in prossimità di manufatti esistenti. [...]. Le ipotesi per il calcolo delle azioni del terreno sull’armatura devono essere giustificate con considerazioni sulla deformabilità relativa del terreno e dell’armatura, sulla modalità esecutiva dell’armatura e dello scavo e sulle caratteristiche meccaniche del terreno e sul tempo di permanenza dello scavo.”*

È importante che queste valutazioni vengano inserite nell’ambito del piano di sicurezza.

Il punto G (Stabilità dei pendii naturali e dei fronti di scavo) prende in considerazione scavi di fondazioni, trincee stradali, canali, sbancamenti, ecc.:

“I fronti di scavo indicati nella norma cui si riferiscono le presenti istruzioni, attongono ad esempio a scavi di fondazioni, trincee stradali, canali, ecc. Per i fronti di scavo in miniere e cave, si rimanda invece alla normativa specifica”.

Per i **Fronti di scavo** (G.3) vengono prescritte indagini specifiche (indicate al punto G.2.2), che prevedono:

- “... - un rilievo plano-altimetrico in scala adeguata ed esteso ad una zona sufficientemente ampia a monte e a valle del pendio stesso;*
- lo studio geologico [...];*
- lo studio geotecnico [...].*

In merito alle indagini specifiche da svolgere si precisa che:

- a) i rilievi topografici e lo studio geologico saranno estesi ad un’area più ampia di quella direttamente interessata ai lavori;*
- b) le indagini geotecniche in sito saranno volte a riconoscere la costituzione del sottosuolo ed a determinare i valori della pressione dell’acqua interstiziale e nelle discontinuità. La profondità delle esplorazioni sarà stabilita in relazione a quella dello scavo, avendo cura di estendere l’indagine a monte del previsto ciglio ed al di sotto della quota di fondo scavo”.*

In conclusione, dalla lettura di questo Decreto emerge l’importanza dell’acquisizione dati sulle peculiarità del terreno su cui si andrà ad intervenire con la realizzazione dell’opera (anche il semplice scavo): la risposta del terreno a seguito dell’interazione può essere conosciuta e quindi prevista; ciò è di fondamentale importanza ai fini della sicurezza di chi verrà ad operarvi.

Capitolo III

Tipologie di opere

Introduzione

Quasi tutte le opere di ingegneria civile ed industriale prevedono lavori di scavo e movimentazione di terre e rocce, come attività preliminari o come parti integranti della realizzazione delle opere stesse.

Per questo motivo è importante affrontare correttamente la pianificazione della sicurezza in questo sottoinsieme delle attività di ingegneria.

Nella maggior parte dei casi gli eventi infortunistici sono, infatti, causati da comportamenti improntati alla scarsa o superficiale attenzione, che porta a considerare ininfluenti le dinamiche della meccanica delle terre e delle rocce in operazioni che, spesso ritenute “semplici”, vengono effettuate senza l’adozione delle misure necessarie per la sicurezza degli operatori, sia passiva che attiva.

Abbiamo visto infatti dall’analisi dei dati statistici quanto grave sia il bilancio di tali comportamenti. Molto spesso incide negativamente anche l’atteggiamento superficiale dei progettisti e dei responsabili delle attività nelle fasi preliminari (comprese quelle economico-finanziarie, quando il ribasso d’asta provoca tagli a discapito della sicurezza), realizzative, nonché in quelle di verifica e di controllo.

In quest’ottica, di seguito si indicano le principali tipologie di tali opere.

Scavi per opere di fondazione

Ci si riferisce in particolare agli scavi a cielo aperto ed a sezione obbligata con pareti verticali o subverticali, eventualmente effettuati in luoghi già abitati (aree urbane, centri storici).

Tali ambiti operativi sono generalmente caratterizzati da ampie superfici di impronta, dislivelli notevoli, assenza di vie di fuga, problemi di drenaggio dell’acqua e notevole sviluppo delle pareti di taglio.

Tra i principali fattori di rischio, quindi, oltre alla pericolosità conseguente all’alterazione dell’equilibrio statico del sito (cedimenti e rigonfiamenti, scarsa tenuta delle pareti di taglio, ecc.), sono da citare accumuli di materiali sul

ciglio, vibrazioni, presenza sul fondo dello scavo di armature, casseforme, nonché problematiche relative alla presenza di falde acquifere e circolazione di fluidi.



Costruzioni idrauliche e posa sottoservizi

Si tratta di scavi a sezione obbligata, con notevole sviluppo longitudinale, di profondità in genere non elevata e con possibile disomogeneità litologica e strutturale dei terreni attraversati.

Tali situazioni sono caratterizzate da spazi spesso ristretti e pertanto si configurano come ambiti operativi angusti.

Tra i principali fattori di



Foto dell'ing. Renzo Chirulli (www.chirulli.it)
Presidente dell'Associazione Italiana No-Dig (www.nodig.it)

rischio, oltre a quanto indicato nel paragrafo precedente, sono da menzionare:

- posizionamento disordinato di utensili sui bordi;
- vibrazioni dovute a utensili e macchine operatrici, quali martelli pneumatici, gru, paranchi e scavatrici;
- presenza di mezzi d'opera nei dintorni.

Costruzioni stradali e ferroviarie

In tali situazioni esiste notevole variabilità nella tipologia dei lavori di taglio, scavo e sagomatura dei versanti, anche in funzione dell'assetto plano-altimetrico (gallerie, ponti ecc.), dell'antropizzazione del territorio e delle opere previste lungo il tracciato (ad es. passanti stradali e ferroviari sotterranei, incassati o sopraelevati).



Questi lavori sono caratterizzati, oltre che dai parametri di rischio citati nei casi precedenti, anche dalla pericolosità connessa a dislivelli elevati.

Lungo i tracciati e trasversalmente ad essi si possono presentare problemi di stabilità dei versanti a causa della variabilità compositiva e strutturale dei terreni, in termini di comportamenti fisico-meccanici, anche in relazione all'idrogeologia degli spazi interessati dall'intervento.

Capitolo IV

Caratteristiche dei terreni e problemi di instabilità

Introduzione

Ai fini della sicurezza è di fondamentale importanza conoscere le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni interessati dalle opere descritte nel capitolo precedente.

Per questo motivo andremo a rivedere, per sommi capi, le peculiarità geotecniche dei materiali, da cui dipendono in massima parte le condizioni di “tenuta” delle pareti di scavo e che costituiscono il principale fattore predisponente a possibili fenomeni di instabilità.

Per definire le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni attraverso parametri geotecnici esistono varie classificazioni tecnico-scientifiche riconosciute a livello internazionale, quali ad esempio: Bureau of Reclamation and Engineers Corps degli Stati Uniti D’America (“Soil Mechanics, SI version”, Lambe and Whitman MIT 1979), HRB-AASHTO o anche la CNR UNI 10006 del 1963.

Il comportamento meccanico d’insieme di ciascun terreno si può valutare dal livello o tipo di coesione (c) che caratterizza le sue componenti. Infatti, la coesione di un terreno (normalmente espressa in kPa) è la capacità di resistere a sforzi di trazione.

Dal punto di vista pratico-descrittivo ed in accordo con la letteratura specialistica, è possibile operare una prima distinzione tra **rocce** propriamente dette e **terre**; il secondo gruppo rappresenta quello di maggiore interesse ai fini del presente lavoro, in quanto gran parte delle opere cui ci si riferisce interferiscono con materiali incoerenti e/o con la porzione superficiale più degradata di ammassi rocciosi (pertanto spesso allo stato detritico-sciolto).

Rocce

Sono insiemi di minerali generati in ambienti primari termodinamicamente definiti o aggregati di minerali secondariamente associati in ambienti a prevalente azione fisico-chimica e meccanica.

Rocce coerenti

Trattasi di materiali tenaci ed a comportamento lapideo, massicci o in strati, che hanno elevata coesione (compresa tra 5 e 10 MPa) e pertanto notevole resistenza meccanica.

In genere si tratta di aggregati minerali naturali più o meno cementati i quali, se isolati in campioni, conservano le medesime caratteristiche chimiche, fisiche e geometriche, anche dopo prolungata immersione in acqua.



Gli ammassi rocciosi presentano una notevole resistenza all'abbattimento, buone caratteristiche di tenuta e risposta con stile rigido alle sollecitazioni. Le caratteristiche meccaniche possono essere inficiate dalla presenza di discontinuità strutturali (giunti di strato, fratture, diaclasi, ecc.). Non sono applicabili alle rocce così definite le prove per la determinazione dei limiti di Atterberg, di cui si dirà in seguito.

Rocce semicoerenti

Comprendono litologie ad elevata scistosità e preponderante presenza di minerali del gruppo dei fillosilicati, quali le *marne*, oppure caratterizzate da un elevato grado di suddivisione dovuto ad intensa fratturazione per domini di elementi strutturali sovrapposti ed intersecanti, originatisi a seguito di complesse vicissitudini geologiche subite nel tempo dai materiali stessi; *terreni cla-*



stici debolmente cementati con bassa resistenza meccanica (c compresa tra 0,1 e 5 MPa), che però rimane costante anche dopo immersione in acqua per lungo tempo.

Rocce pseudocoerenti

Sono composte in prevalenza da argilla, detriti in matrice argillosa o sottili strati lapidei alternati con argilla; se asciutti, si comportano da semicoerenti, ma arrivano fino allo stato liquido, man mano che aumenta il loro contenuto in acqua.

Questi materiali, dunque, impongono approfondite verifiche preliminari, per poterne valutare il comportamento futuro, in quanto sono suscettibili di variazioni significative al variare delle pressioni neutre (acqua di ritenzione) al loro interno.



Terre

Sotto tale denominazione si raggruppano usualmente le rocce incoerenti ed i terreni di riporto.

Nel caso di materiali sciolti costituenti un terreno, è agevole ottenere indicazioni sulle proprietà geotecniche dello stesso mediante analisi speditive quali i limiti di Atterberg (limite di liquidità LL, di plasticità LP, di ritiro LW). Dalla determinazione di questi parametri sono derivabili, con semplici calcoli, gli indici di consistenza IC, di liquidità IL, di plasticità IP ed il coefficiente di attività A. Tutti questi indici sono molto utili per la definizione aritmetica e grafica dello stato di un terreno, ed anche per poterlo classificare dal punto di vista comportamentale.

Terre a comportamento granulare

Nell'ambito di questa ulteriore categoria sono classificabili le *sabbie* ed i *materiali clastici* fino alle *ghiaie*, contraddistinti da reazioni agli sforzi di taglio imputabili essenzialmente alla resistenza per attrito interno, ossia alle forze di attrito che si generano in corrispondenza delle superfici di contatto tra i granuli.

Terre a comportamento coesivo

Le terre a forte componente argillosa sono invece dette a comportamento coesivo, analogamente alle rocce pseudocoerenti, poiché le loro caratteristiche meccaniche sono essenzialmente condizionate dalla coesione esistente fra le particelle di natura argillosa. In questo caso, il valore della coesione può variare da 10 KPa a 0,5 Mpa.

Le forze in gioco sono dovute all'attrazione elettrostatica tra gli elementi lamellari costituenti il materiale argilloso; all'aumentare del contenuto d'acqua e, quindi, della pressione interstiziale o neutrale, la struttura flocculare diviene instabile e pertanto si riduce sensibilmente la compattezza della massa pelitica, che assume un comportamento plastico, fino a fluido-viscoso.

Meccanica dei terreni

Tenuta dei fronti di scavo

La capacità della parete di scavo di autosostenersi in assenza di opere di stabilizzazione deve essere valutata in sede progettuale in modo rigoroso; è necessario quindi effettuare tutte le indagini preliminari di natura geologica e geotecnica e le relative elaborazioni, cui si è già accennato nei capitoli precedenti.

Infatti, è possibile dare allo scavo un'inclinazione (definita Inclinazione di sicurezza, scarpa, angolo di scarpa) tale per cui essa risulti stabile **nel breve periodo** e non vi sia pericolo di crollo.

Detta inclinazione di sicurezza è determinata dalle caratteristiche della parete di scavo; tra quelle di maggiore interesse vanno ricordate:

- le condizioni geologiche (presenza di discontinuità quali, ad esempio, fratture e/o intercalazioni di livelli litologicamente differenti) e idrogeologiche (eventuale presenza e condizioni di circolazione delle acque sotterranee);
- le caratteristiche geometriche (altezza);
- le caratteristiche geotecniche del terreno (angolo di attrito interno, coesione);
- le condizioni al contorno dello scavo (presenza di sovraccarichi in prossimità della parete di scavo, quali costruzioni, edifici, ecc.).

Le metodiche di valutazione della stabilità di un versante (sia esso naturale o artificiale) tengono conto di questi fattori. In via del tutto preliminare si può comunque evidenziare che:

- la presenza di discontinuità (fratture, diaclasi, giunti, ecc.) agisce a sfavore della stabilità;

- le condizioni di saturazione del terreno diminuiscono il valore della resistenza interna del materiale;
- la presenza di falde idriche sospese nell'ambito del versante, analogamente alla presenza di costruzioni o ingombri di qualsivoglia natura in prossimità del limite della parete di scavo, costituiscono sovraccarichi che agiscono a sfavore della stabilità;
- l'aumentare dell'altezza agisce a sfavore della stabilità, per inclinazioni superiori al valore dell'angolo di attrito interno, come precisato nel paragrafo successivo.

In ogni caso all'aumentare dell'angolo di attrito interno del materiale e della sua coesione aumenta l'angolo di scarpa e, conseguentemente, la stabilità del versante.

Valutazione delle condizioni di stabilità dei terreni

Si riportano alcuni esempi applicativi, con riferimento alla diversità intrinseca del tipo di terreno dove dovrà essere effettuato lo scavo.

Terreni granulari (non coesivi)

La stabilità in questi terreni dipende direttamente dalle caratteristiche geotecniche e può essere ricondotta, indipendentemente dall'altezza dello scavo, al valore dell'angolo di attrito interno del materiale non coesivo.

Definito il *Fattore di Sicurezza (FS)* di una parete di scavo come:

$$FS = \frac{\tan \phi}{\tan \beta}$$

dove:

ϕ = angolo di attrito interno del materiale

β = inclinazione della parete di scavo



per valori di FS maggiori o uguali a 1 lo scavo può essere considerato stabile, in assenza di significative variazioni delle condizioni al contorno.

Terreni coesivi

Nei terreni coesivi si può superare l'inclinazione dell'angolo d'attrito, in virtù della maggiore resistenza interna del materiale, per la presenza di forze di coesione tra le particelle. Anzi, queste condizioni vengono convenzional-



mente definite mediante le notazioni " $\phi = \phi_u = 0; c = c_u > 0$ ", per indicare che il terreno reagisce alle tensioni indotte essenzialmente grazie alla coesione interna, poiché le forze di attrito risultano inibite dalle sovrappressioni neutre.

Ciò risulta particolarmente evidente nei terreni argillosi, dove è possibile, per un tempo limitato, realizzare pareti verticali in grado di autosostenersi. In tal caso il fattore di controllo della stabilità è costituito dall'altezza della parete verticale.

Tale valore può essere velocemente calcolato con la seguente relazione:

$$H_c = 4 c / \gamma_n$$

dove:

H_c = altezza critica

c = coesione

γ_n = densità naturale del terreno

Terreni dotati di attrito e coesione

Nel caso più generale, in cui la reazione dei terreni è funzione sia dell'attrito interno che della coesione, è possibile ricorrere ad uno strumento definito "Curve di Taylor".

Il valore della scarpa e della relativa altezza critica dello scavo possono essere ricavati con l'ausilio del grafico di seguito illustrato, che pone in relazione l'angolo di scarpa con un coefficiente adimensionale N_s (Fattore di Stabilità) in dipendenza dei valori dell'angolo di attrito interno (ϕ) del materiale.

Il Fattore di Stabilità N_s , in tal caso correlato al valore approssimativo dell'angolo di attrito interno del terreno, permette di risalire all'altezza critica dello scavo, ossia alla massima altezza consentita con un determinato angolo di scarpa (β), secondo la relazione:

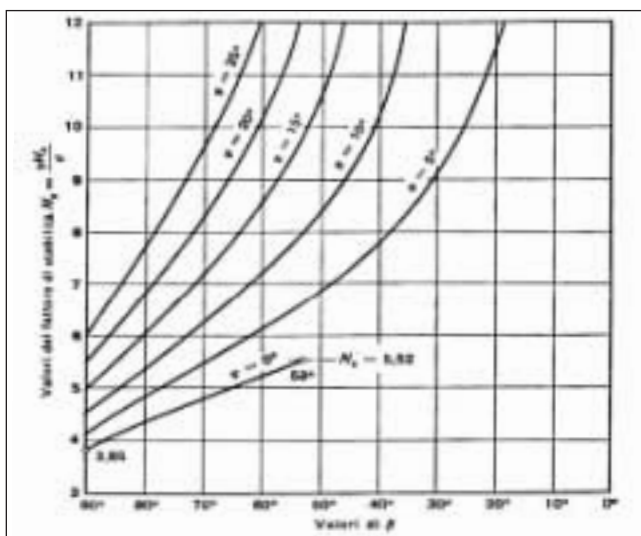


Grafico tratto dal libro
Geotecnica - Terzaghi - Peck -
Edizione UTET

$$H_c = N_s c / \gamma_n$$

dove:

- c = coesione del materiale;
- γ_n = densità naturale del materiale;
- H_c = altezza critica dello scavo.

In altri termini, con tale grafico è possibile verificare speditivamente la stabilità a breve termine di una parete di taglio, note le principali caratteristiche geotecniche dei materiali.

Si rileva come il caso particolare, relativo ai terreni solo coesivi ($\phi = 0^\circ$), di una parete verticale ($\beta = 90^\circ$) porta a determinare sul grafico un valore di N_s pari a 3,85 ossia prossimo a 4, di cui all'esempio del paragrafo precedente.

Capitolo V

Fattori organizzativi

Introduzione

Prima di avviare le operazioni di scavo, l'impresa deve procedere ad una serie di attività preliminari, come evidenziato in precedenza, per le quali innanzitutto occorrerà:

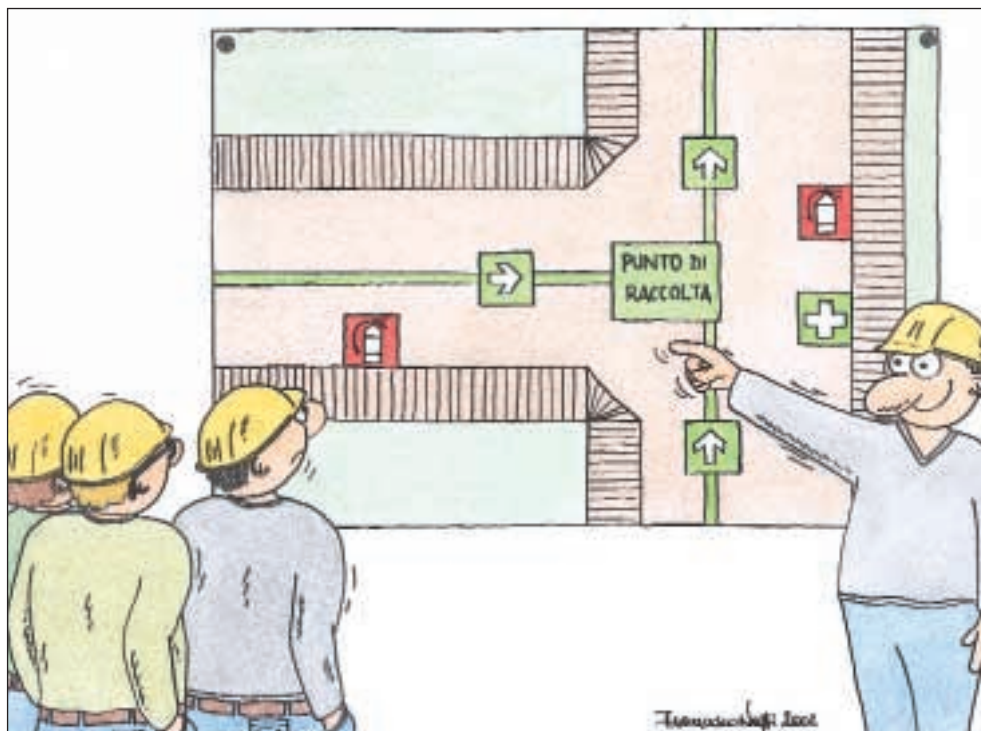
- effettuare un sopralluogo per individuare:
 - l'esatta collocazione di tutte le utenze sotterranee del luogo di scavo;
 - le condizioni al contorno (edifici, strade, alberi ecc.) che possono determinare situazioni di rischio;
- valutare l'effettivo rischio specifico riferito a:
 - possibili situazioni legate a fattori ambientali ed umani;
 - presenza di atmosfere pericolose o presunta mancanza di ossigeno nello scavo;
 - presenza di canalizzazioni di servizio;
 - condizioni difficoltose di accesso ed uscita dallo scavo;
- redigere un piano operativo di sicurezza specifico (D. Lgs. 494/96);
- stilare, ove previsto, un apposito progetto per le armature di sostegno;
- programmare un piano di formazione ed informazione per i lavoratori (D. Lgs. 626/94 e segg.).

Gestione della sicurezza e delle emergenze

Il datore di lavoro, inoltre, prima dell'inizio dell'attività di scavo, deve predisporre un piano per la gestione di eventuali situazioni di emergenza connesse alle peculiarità del cantiere.

E' importante che le indicazioni da seguire in caso di emergenza siano immediatamente visibili e di facile comprensione.

Per la gestione di eventuali emergenze devono anche essere individuati sia il responsabile che la relativa "squadra" (D. Lgs. 494/96).



Dispositivi di protezione individuale

Il datore di lavoro deve mettere a disposizione dei lavoratori i DPI idonei e controllare che gli stessi li utilizzino, così come previsto dalla normativa in vigore (titolo 4, artt. dal 40 al 43 e allegato 5 del D.L.vo 626/94; capo 3, artt. dal 381 al 387 del DPR 547/55).

I dispositivi di protezione individuali da fornire ai lavoratori sono:

- elmetto;
- scarpe con suola imperforabile e punte in acciaio;
- guanti;
- indumenti di protezione contro le intemperie;
- indumenti catarifrangenti o fosforescenti in caso di scarsa visibilità;
- occhiali di protezione in caso di proiezioni di schegge o frammenti.

Eventualmente si provvederà a fornire anche:

- mascherine antipolvere di modello adeguato al rischio (di carta per le polveri grossolane e/o non specificamente classificate, tipo P3 per silice o fibre);
- autorespiratori d'emergenza in caso di lavori in pozzetti, canali e vani sotterranei nell'ambito della rete fognaria;
- protettore auricolare in caso di utilizzo di utensili pneumatici;

- cinture di salvataggio da prevedersi nel caso di attività in pozzi o canalizzazioni profonde.



Formazione ed informazione del personale

Il personale addetto allo scavo, prima dell'inizio dei lavori, deve ricevere un'adeguata formazione e informazione sulle tecniche di lavorazione adottate, sui sistemi di protezione individuali e collettivi e sulle procedure di sicurezza e di soccorso da seguire in caso di emergenza.

L'attività formativa ed informativa va ripetuta ogni qualvolta un controllo interno, da parte del responsabile dei lavori o da parte delle autorità di vigilanza, evidenzia una carenza di conoscenza delle procedure.

L'avvenuta formazione deve essere annotata in un apposito registro con la

specificazione del programma svolto, della data degli interventi, dei nominativi dei formatori e dei lavoratori partecipanti.

L'intervento formativo per gli addetti ai lavori di scavo deve almeno prevedere:

- le tecniche di lavorazione da seguire durante lo scavo;
- l'uso dei dispositivi di protezione individuale;
- le procedure da seguire in presenza di atmosfere pericolose;
- le procedure di emergenza e le tecniche di primo soccorso.

Il responsabile tecnico preposto all'attività degli scavi dovrà assicurare, giornalmente, che le condizioni del luogo di lavoro garantiscano la sicurezza dei lavoratori.

Controlli ed ispezioni interne

Domande di controllo

Per garantire la sicurezza dei lavoratori, il responsabile tecnico dei lavori di scavo deve verificare, durante la prima e le successive visite al cantiere, l'adeguatezza delle misure di sicurezza approntate con riferimento alle seguenti domande.

1. Il lavoro riguarda una trincea o uno scavo a cielo aperto?
2. Lo scavo è profondo più di 1,5 metri?
3. Nello scavo vi è presenza di acqua?
4. Sono presenti nello scavo adeguati mezzi per l'ingresso e l'uscita?
5. Sono presenti passerelle della giusta larghezza e dotate di parapetti per attraversare lo scavo ?
6. E' presente traffico veicolare nelle immediate vicinanze dello scavo?
7. Sono presenti edifici in prossimità dello scavo?
8. I mezzi di scavo sono dotati di segnali acustici di avviso?
9. E' presente un tecnico competente durante i lavori?
10. Sono previste procedure per l'individuazione di sostanze pericolose dentro lo scavo?
11. E' stato determinato il tipo di terreno di scavo da parte di un tecnico competente?
12. Il terreno di scavo è posto ad una distanza di almeno 1 metro dal bordo dello stesso?
13. Nel caso in cui lo scavo rientri nella direttiva cantieri è stato predisposto il piano di sicurezza?
14. Nel caso in cui si usino scale a mano quale mezzo per uscire dallo scavo, sono esse raggiungibili entro un raggio di 10 metri?
15. E' presente la documentazione di precedenti visite di controllo fatte allo scavo in oggetto?

Raccomandazioni importanti

Per la particolare pericolosità dei lavori di scavo, il responsabile tecnico, durante i controlli, deve avere cura di rinnovare le seguenti importanti raccomandazioni che costituiscono una buona base conoscitiva per prevenire il verificarsi di eventi dannosi.

1. Nessuno può stabilire con assoluta certezza che uno scavo sia sicuro e che non occorra predisporre nessun tipo di armatura.
2. Infortuni mortali o estremamente gravi si possono verificare anche se il lavoratore non è completamente sommerso dal terreno. Lavoratori seppelliti solo fino alla cinta sono purtroppo deceduti in conseguenza della forte pressione esercitata sul corpo dal terreno.
3. Gli scavi eseguiti vicino a precedenti scavi sono particolarmente pericolosi in quanto il terreno possiede scarsa compattezza.
4. La presenza di acqua aumenta la possibilità che lo scavo possa franare. L'incremento della pressione dell'acqua nel terreno può essere il fattore determinante per eventuali smottamenti delle pareti di scavo.
5. L'argilla può essere estremamente pericolosa se asciugata dal sole. Grandi blocchi di terreno possono franare dalle pareti della trincea dopo essere stati stabili per lunghi periodi di tempo.
6. Le pareti gelate di uno scavo non devono essere considerate come alternative alle strutture di sostegno.
7. Quando necessita, lo scavo dovrebbe essere considerato alla stregua di uno spazio chiuso in cui controllare e verificare che i lavoratori non siano sottoposti a sostanze atmosferiche pericolose.
8. Le strutture di sostegno degli scavi devono sempre tener conto dei carichi aggiuntivi determinati dal peso del terreno accumulato ai bordi della trincea, del traffico veicolare, di altre strutture adiacenti, ecc.
9. Quando un lavoratore o una parte di una macchina o attrezzatura edile si trova ad una distanza inferiore a 5 metri da una linea elettrica interrata o aerea occorre contattare l'azienda erogatrice al fine di poter proseguire i lavori.
10. Le opere di sostegno vanno sempre realizzate secondo gli schemi predisposti dal responsabile tecnico competente.
11. I montanti, pannelli, puntoni utilizzati per le opere di sostegno devono sempre essere dimensionati in funzione delle condizioni del suolo, della profondità e della larghezza della trincea, nonché delle condizioni specifiche di carico presenti.
12. Nessun lavoratore deve operare in trincea al di fuori dell'armatura di sostegno.

Capitolo VI

Fattori ambientali

Introduzione

In base a quanto esposto nel precedente capitolo, prima di iniziare i lavori, il responsabile tecnico dell'attività dovrà effettuare un'attenta analisi della zona di scavo al fine di individuare tutte le misure di sicurezza da porre in essere. Il tecnico utilizzerà in questa fase il piano di sicurezza predisposto, ove previsto, e comunque dovrà tenere conto dei diversi fattori ambientali (naturali e/o antropici) di seguito elencati.



Condizioni meteorologiche

Le caratteristiche di tenuta del terreno possono variare in rapporto alle condizioni atmosferiche, che modificano il contenuto di acqua e di aria presenti nel terreno stesso.

Le prescrizioni individuate nel piano di sicurezza devono essere verificate alla luce dell'effettiva situazione meteorologica: piogge persistenti, gelo, prolungata siccità, presenza di acqua nello scavo, ecc.. Ad esempio, in presenza di terreno gelato, non potendo verificare preliminarmente l'effettiva



compattezza del terreno, si devono predisporre comunque le relative misure di protezione.

Stesse precauzioni vanno prese in presenza di alternanza di cicli di gelo e disgelo, che influiscono negativamente sulle forze di coesione.

Occorre inoltre tenere ben presente che condizioni climatiche severe (forte umidità, caldo torrido, siccità) incidono negativamente su tutte le attività svolte dai lavoratori nell'ambito dello scavo, causando

stress psicofisico e pericolosi cali di attenzione.

Scavi in presenza di acque

Qualora negli scavi ci sia o possa verificarsi un accumulo di acqua, le precauzioni da prendere variano in funzione della situazione specifica e possono prevedere:

- armature particolari per evitare franamenti delle pareti dello scavo;
- sistemi adeguati per l'eliminazione delle



acque o per il controllo del livello;

- uso di opportuni dispositivi di protezione individuali.

Se lo scavo interrompe il naturale drenaggio del terreno, ove possibile, occorre predisporre canalizzazioni e/o barriere o altri adeguati mezzi per impedire l'allagamento dello scavo.

Per la captazione preventiva delle acque di falda, che potrebbero invadere la superficie di splateamento o il fondo di trincee, si possono utilizzare i *well points*, particolari tipi di pompe autoadescanti che aspirano acqua dal suolo mediante punte filtranti infisse a percussione.

In ogni caso, ogni qual volta si ravvisi il rischio di presenza d'acqua, unitamente a difficoltà di drenaggio a gravità, sarà indispensabile prevedere l'impiego di sistemi di pompaggio carrellati di adeguata portata, possibilmente azionati da motori diesel.

Nell'eventualità di allagamento dell'area di scavo occorre attivare la procedura di emergenza, con la sospensione dei lavori, l'immediato allontanamento dei lavoratori e l'attivazione dei sistemi di smaltimento delle acque da parte degli addetti all'emergenza.

Dopo l'intervento della squadra di emergenza, i lavori potranno riprendere solo successivamente alla verifica effettuata da un tecnico competente.

Presenza di canalizzazioni di servizio

La presenza di reti di servizio può provocare gravi incidenti, quando si fa uso di utensili o macchine di scavo, ossia nella quasi totalità dei contesti operativi presi in considerazione.

Nel caso specifico in cui i lavori di scavo devono essere effettuati in prossimità di gasdotti o linee elettriche sotterranee, occorre comunicarlo all'azienda erogatrice e ottenere le necessarie autorizzazioni.

Pertanto, lo scavo deve



essere avviato solo quando le aziende di servizio hanno comunicato l'effettiva collocazione delle canalizzazioni (energia elettrica, gas, acqua, telecomunicazioni, ecc.).

Quando non è possibile stabilire l'esatta posizione delle canalizzazioni, neanche mediante sistemi elettronici di rilevamento, il lavoro deve essere fatto con cautela e, quando possibile, con scavo manuale. Per garantire la salubrità dell'aria nella trincea e la sicurezza dei lavoratori dal rischio



incendio o esplosione, si dovrà disporre all'occorrenza di strumenti di rilevazione di gas nocivi od esplosivi.

Se in fase di lavorazione si danneggiano cavi, tubazioni, ecc., i lavoratori devono allontanarsi rapidamente dalla zona di scavo ed il responsabile tecnico è tenuto ad avvertire immediatamente le aziende di servizio e sospendere il lavoro fino al sopralluogo di controllo effettuato dalle stesse aziende fornitrici.

Successivamente, onde proseguire i lavori di scavo in sicurezza, tutte le canalizzazioni sotterranee individuate dovranno essere protette da barriere, schermi e quant'altro occorra per non danneggiarle.

Scavi in prossimità di strutture edilizie esistenti

Quando la stabilità di edifici adiacenti, muri o altre strutture può essere compromessa dalle operazioni di scavo, occorre predisporre opportuni sistemi di protezione quali *armature*, *puntelli*, ecc., che garantiscano sia la sicurezza dei lavoratori addetti che la stabilità delle strutture stesse.

In via generale non deve essere consentito lo scavo sotto il livello di fondazione delle strutture edilizie o di muri di sostegno, quando ciò possa comportare situazioni di rischio.

Tali lavori si possono effettuare quando:

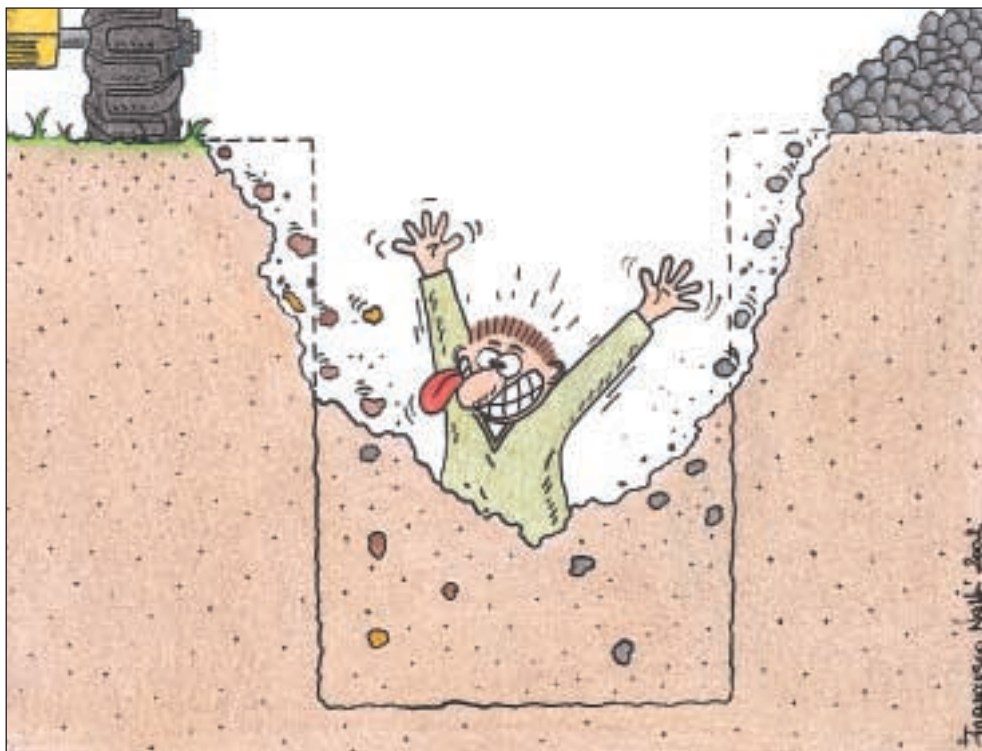
- viene realizzato un sistema di supporto o di puntellamento in grado di garantire la sicurezza dei lavoratori e la stabilità della struttura adiacente;
- lo scavo interessa una roccia stabile;
- un tecnico competente certifichi, sulla base di uno studio geotecnico, che lo scavo è ad una distanza tale da non comportare rischi alla stabilità delle strutture adiacenti.

Stesse considerazioni vanno fatte quando si realizzano scavi sotto marciapiedi, pavimenti, ecc..

Rischi per la caduta di detriti

I lavoratori che operano all'interno dello scavo devono essere sempre protetti dalla possibile caduta di terreno, detriti o frammenti di roccia che si possono staccare dalle pareti dello scavo stesso.

Una adeguata protezione può essere realizzata con la rimozione di tutte le parti rischiose delle superfici di scavo e con la predisposizione di barriere protettive sufficienti a fermare e contenere il materiale (reti di trattenuta,



spritz beton o altri sistemi di protezione equivalente).

Per prevenire la caduta di arnesi e di detriti, occorre che il materiale di scavo e le relative attrezzature siano collocate almeno ad 1 metro di distanza dal ciglio dello scavo stesso. Qualora questo non sia possibile, si devono installare barriere e parapetti adeguati.

Per quanto riguarda il materiale accumulato, la distanza di 1 metro dal bordo dello scavo va misurata dalla base del deposito di terreno e non dalla cima dello stesso. Ove possibile, il terreno di risulta dovrebbe essere disposto in modo tale da rappresentare una barriera all'ingresso dell'acqua piovana nello scavo.

In presenza di materiale di stoccaggio necessario per i lavori, occorre verificare che lo stesso non determini instabilità dello scavo o renda insufficienti i sistemi di protezione predisposti.

I bordi superiori dello scavo devono essere, per quanto possibile, tenuti puliti e sgombri e, in caso di pioggia, protetti con teli impermeabili atti a evitare gli effetti erosivi dell'acqua piovana.

Rischi da polveri ed altre sostanze aerodisperse

La presenza di polveri, di sostanze e di fibre pericolose deve essere rilevata in fase di indagine geologica preliminare all'attività di scavo.

Polveri e fibre pericolose

In generale, durante i lavori è sempre opportuno limitare il più possibile la diffusione della polvere bagnando, ove necessario, le superfici di scavo ed i percorsi dei mezzi meccanici.

Inoltre si deve provvedere a raccogliere ed eliminare, con procedure e attrezzature appropriate, le polveri o fibre dannose che si sono depositate nello scavo.

Quando non è possibile contenere completamente la polverosità durante i lavori di scavo, si dovrà limitare l'esposizione dei lavoratori riducendo le ore di attività nelle mansioni a rischio con rotazione del personale.

In presenza di una quantità di polvere che superi i limiti tollerati, i lavoratori devono essere forniti di appositi DPI e sottoposti a sorveglianza medica. (limiti fissati dalle norme americane ACGIH: 10 mg/mc per le polveri inalabili; 3 mg/mc per le polveri respirabili; 0,05 mg/mc in presenza di polvere di silice).

In presenza di fibre pericolose, al fine di evitare contaminazioni dell'ambiente di vita, il lavoratore deve prestare particolare attenzione alla cura dell'igiene personale alla fine del turno prima di lasciare il cantiere.

Presenza di fumi

Qualora siano previsti nello scavo lavori di saldatura elettrica oppure di

catramatura, i lavoratori addetti dovranno essere sottoposti a visita medica di idoneità ed a sorveglianza sanitaria.

In caso di eccessiva presenza di fumi occorrerà verificare le condizioni di ventilazione all'interno dello scavo, per provvedere, ove necessario, a sistemi di aspirazione forzata dei fumi stessi.

Cosa fare in situazioni di rischio

Per prevenire, dentro lo scavo, situazioni di rischio connesse al microclima inaccettabile o alla presenza in eccesso di sostanze pericolose, si riportano di seguito alcune importanti norme da tenere sempre presenti:

- in mancanza di ossigeno (atmosfera con contenuto di ossigeno al di sotto del 19,5 %) o per la presenza di sostanze pericolose, è necessario effettuare i dovuti controlli prima che i lavoratori entrino nello scavo;
- quando ritenuto opportuno, i lavoratori devono essere dotati di autorespiratori o di equivalenti sistemi di ventilazione;
- in presenza di rischio gas infiammabili occorre attivare un sistema di ventilazione adeguato contro la pericolosità connessa alla concentrazione;
- per accertare i livelli di contaminanti di qualsiasi genere dentro lo scavo, i relativi test devono essere fatti e ripetuti con frequenza tale da assicurare nel tempo le condizioni di sicurezza;
- l'equipaggiamento di emergenza deve essere costantemente controllato, testato e rapidamente disponibile.

Macchine operatrici

I rischi associati alla presenza di macchine operatrici sono riconducibili all'investimento dei lavoratori, al ribaltamento o all'uso improprio ed alla rumorosità.

Pericolo di investimento dei lavoratori

La circolazione degli automezzi e delle macchine semoventi all'interno della zona di scavo deve avvenire secondo percorsi predisposti in fase di organizzazione del cantiere. Quando è possibile occorre prevedere percorsi separati per l'accesso dei lavoratori, opportunamente segnalati e illuminati.

I lavoratori che, necessariamente operano in prossimità delle macchine, devono indossare indumenti di colore ben visibile (preferibilmente arancione o rosso) e riflettenti alla luce in caso di lavori serali o notturni.

Per evitare situazioni di rischio è opportuno che:

- nessun lavoratore si trovi nel campo d'azione delle macchine;
- i lavoratori non sostino in prossimità dei lavori;
- non ci sia la presenza contemporanea nello scavo di macchine ed operai;



- in fase di avvio della macchina non siano presenti lavoratori nelle vicinanze;
- i lavoratori non indossino indumenti che si possono impigliare negli organi in movimento.

Ribaltamento ed uso improprio

Quando l'operatore della macchina non ha una visione ottimale o diretta del fronte di scavo, oppure deve operare in retromarcia o con rotazione della cabina, occorre utilizzare sistemi di protezione quali:

- barriere protettive;
- segnali di avviso acustici manuali o automatici.

È indispensabile individuare preventivamente l'escavatore da utilizzare, scegliendo quello più adatto per il tipo di lavoro da effettuare e, quindi, delimitare le aree di rispetto e di pericolo per il movimento della macchina operatrice.

Comunque, in presenza di mezzi meccanici, è sempre opportuno rispettare le seguenti indicazioni:

- non lasciare mai le macchine accese senza l'operatore;
- non transitare o lasciare le macchine in sosta presso il ciglio dello scavo;
- verificare che le rampe naturali o meccaniche di accesso allo scavo siano adeguate al tipo di macchina impiegata.
- non fare uso improprio della macchina (ad esempio usare la benna di un escavatore come mezzo di sollevamento, oppure utilizzare la benna per accedere al fondo dello scavo).



Rumorosità delle macchine

Il rischio “rumore” deve essere opportunamente valutato in fase di piano di sicurezza dei lavori, secondo le modalità previste dalla normativa vigente (D.Lgs. 277/1991).

In caso di attività con uso di macchine ad elevata rumorosità che superano i valori limite di esposizione fissati dalle norme, l'accesso alla zona di lavoro deve essere impedito con segnalazioni o recinzioni.

Quando la presenza dei lavoratori è indispensabile, gli stessi devono essere dotati di dispositivi di protezione individuale.

L'operatore di escavatore deve sempre usare cuffie di protezione e avere cura di chiudere la cabina di comando.

Capitolo VII

Opere provvisorie di sostegno e sistemi di protezione

Tutte le immagini inserite nel presente capitolo sono state tratte dalle pubblicazioni di OPPBTP (Organisme Professionnel de Prévention du Bâtiment et des Travaux Publics).

Introduzione

In generale, quando si deve realizzare uno scavo, sulla scorta di tutte le indicazioni riportate nei capitoli precedenti, occorre prima verificare se necessitano opere di sostegno.

Quando si effettua uno sbancamento (o scavo a cielo aperto) di larghezza superiore rispetto all'altezza, in materiali a comportamento granulare, il sistema di protezione è necessario solo se l'inclinazione della parete dello scavo è maggiore dell'angolo di attrito interno del terreno, o se si supera l'altezza critica in materiali coesivi.

Nel caso di scavi a sezione obbligatoria, in cui la profondità è maggiore della larghezza, occorre necessariamente armare lo scavo per evitare crolli e franamenti delle pareti.

Fanno eccezione i casi in cui lo scavo non raggiunge la profondità di 1 metro, o quando esso è realizzato in roccia ed il tecnico competente ritiene non verificabile un crollo delle pareti di scavo.

Opere di contrasto e di sostegno

Armature, contrafforti e puntelli

Quando la collocazione dello scavo o la sua profondità non consentono di realizzare le pareti secondo l'angolo d'attrito interno del terreno, o si supera l'altezza critica caratteristica del materiale, è necessario armare lo scavo. L'armatura deve essere tale da resistere alle sollecitazioni indotte da:

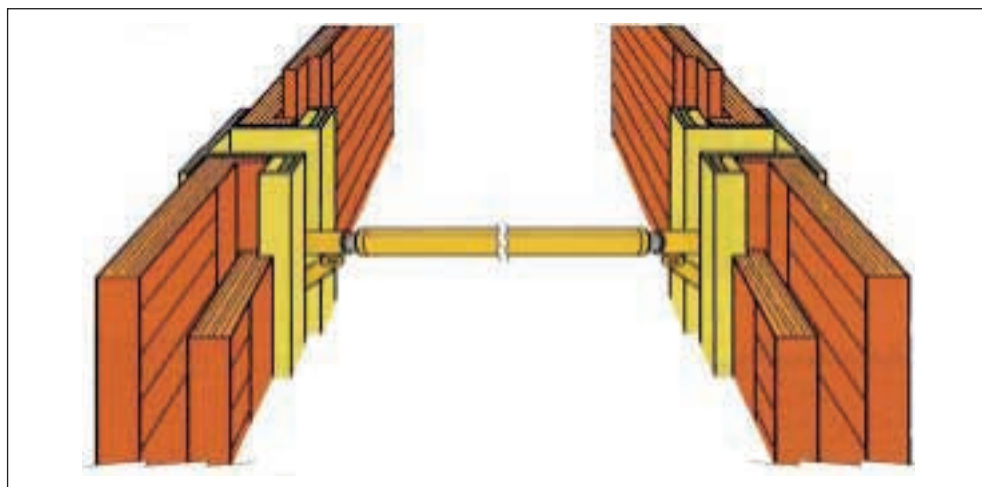
- pressione del terreno;
- strutture adiacenti;
- carichi aggiuntivi e vibrazioni (attrezzature, traffico veicolare, materiale di stoccaggio, ecc.).

Le strutture di sostegno devono essere installate a diretto contatto con la facciata dello scavo e, ove necessario, deve essere inserito del materiale di ricalzo tra la facciata dello scavo e l'armatura, per garantire la continuità del contrasto.

Le armature dello scavo possono essere realizzate con elementi in legno o in metallo. Se si utilizzano puntelli di acciaio disposti perpendicolarmente ai montanti o ai pannelli in legno, occorre sempre verificare la compatibilità del carico trasmesso dall'acciaio al legno stesso.

Nella predisposizione degli elementi delle armature in legno occorre seguire precisi metodi per la scelta delle loro caratteristiche geometriche, nonché opportune procedure, al fine di rendere sicure le opere di contrasto.

A questo proposito esistono apposite tabelle tecniche, riferite alle condizioni e al tipo di terreno nonché alla profondità e larghezza dello scavo, che forniscono le dimensioni di traverse, montanti, puntoni, pannelli in legno.



La scelta del tipo di armatura da disporre nello scavo e del materiale da utilizzare dipende sostanzialmente dalla natura del terreno, dal contesto ambientale e dal tipo di scavo da eseguire.

L'armatura deve comunque rispettare sempre le seguenti tre condizioni:

1. essere realizzata in modo da evitare il rischio di seppellimento:
 - in un terreno incoerente la procedura dovrà consentire di disporre armature parziali tali da permettere di raggiungere in sicurezza la profondità richiesta nel terreno;
 - in un terreno dotato di coesione, in cui lo scavo può essere realizzato in avanzamento continuo fino alla profondità desiderata, la procedura dovrà prevedere la collocazione di una *gabbia di protezione* prima che i lavoratori addetti accedano allo scavo.
2. essere sufficientemente resistente da opporsi, senza deformarsi o rompersi, alla pressione esercitata dal terreno sulle pareti dello scavo;
3. essere realizzata in modo da poter sopportare, senza deformarsi, anche carichi asimmetrici del terreno.

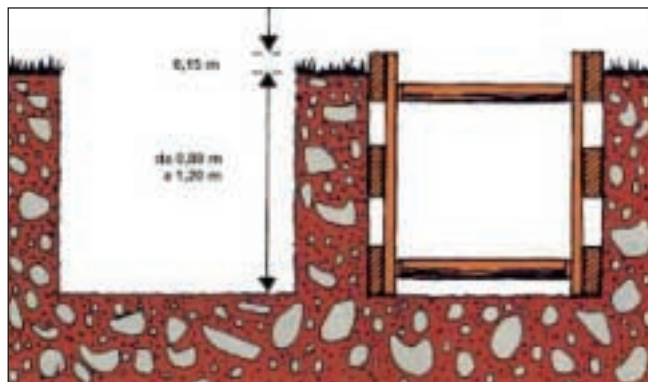
Il rispetto di queste condizioni è finalizzato a rendere tutti gli elementi dell'armatura (pannelli, montanti, puntoni) un modulo unitario simile ad una gabbia di sicurezza.

Si devono comunque evitare tutte quelle procedure non sicure, allorché la pressione del terreno che si sviluppa in direzione diversa rispetto ai puntoni può provocare pericolosi franamenti.

Esaminiamo ora le diverse tipologie di armatura degli scavi che si possono realizzare.

Armatura di scavi in terreni coesivi

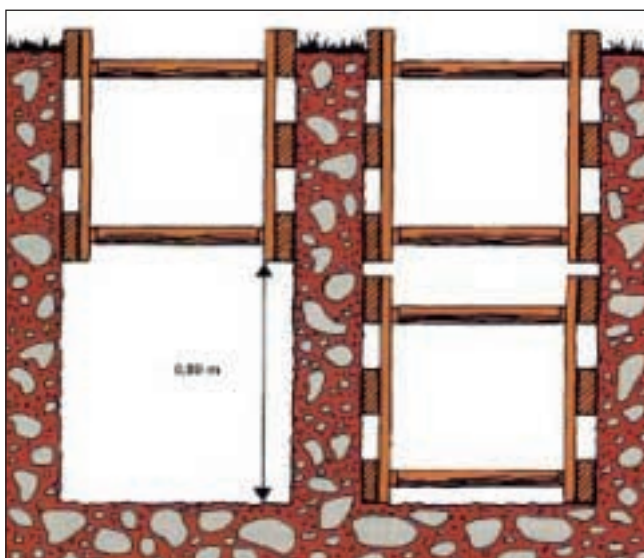
In presenza di un terreno di sufficiente coesione, in cui non è possibile realizzare lo scavo per tutta la profondità richiesta, si può effettuare lo scavo stesso fino a 80-120 cm e dopo aver disposto una prima armatura, si può



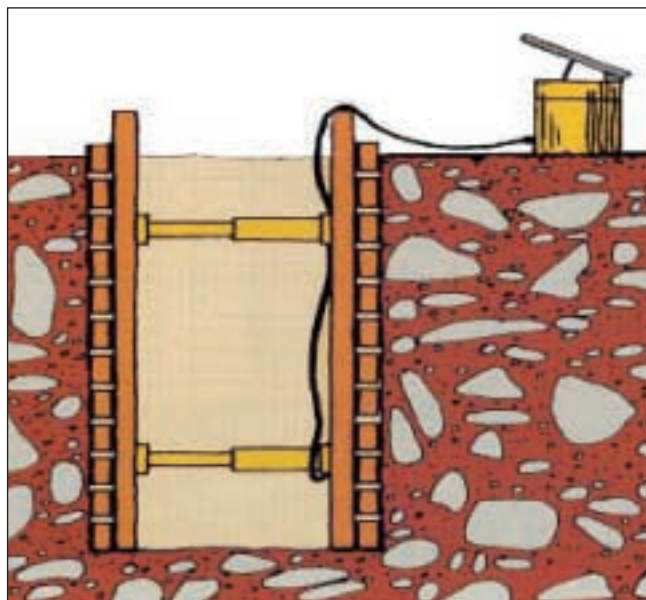
procedere ad un'altra fase di scavo e così via. Quando il terreno ha una buona coesione, la realizzazione delle strutture di sostegno è abbastanza semplice e non richiede materiali ed attrezzature particolari. In questo caso basta posizionare i pan-

nelli di legno, di altezza leggermente superiore alla profondità dello scavo, contro le pareti dello scavo e fissarli con puntoni di legno provvisori per consentire agli operai di scendere nella trincea e disporre gli elementi di contrasto definitivi.

Una evoluzione della stessa procedura consiste nell'utilizzare da subito puntoni idraulici di metallo che si posso-



no collocare dall'esterno con una pompa che agisce sugli stessi fino a mettere in contrasto i pannelli con le pareti dello scavo.



Un altro tipo di struttura di contrasto utilizzata è quella che fa uso di teli con barre di fibra di vetro. Il peso trascurabile del telo facilita il trasporto e la messa in opera, con costi sicuramente inferiori. Questo tipo di armatura è adatto per scavi non molto profondi (2 m - 2,5 m massimo) e per terreni di buona coesione; non può essere utilizzata per scavi di larghezza inferiore a cm. 80 in quanto limita lo spazio libero nella trincea.

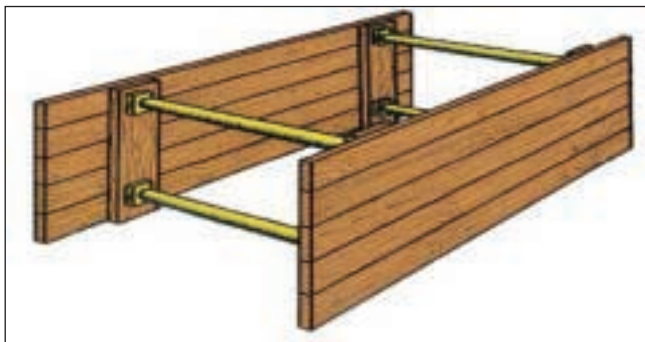
Quando l'armatura di sostegno è in fase di realizzazione, la benna dell'escavatore deve essere collocata nello scavo in modo da costituire una protezione aggiuntiva in caso di frana del terreno. Durante il montaggio dell'armatura deve essere disponibile una scala, per accedere e uscire dallo scavo, ad una distanza non superiore a 3 metri dalla zona di lavoro.

L'armatura deve essere realizzata dall'alto verso il basso: i primi puntoni vanno collocati ad una profondità massima di cm. 20 dalla superficie del terreno e i successivi secondo lo schema predisposto in fase di progettazione dell'armatura.

La corretta installazione del 1° e del 2° puntone a contrasto dei montanti verticali rappresenta un momento importante ai fini della stabilizzazione delle pareti dello scavo.

Quando tra armature e terreno si utilizza un pannello di legno o di acciaio, il puntone non deve essere direttamente installato sul pannello, ma collocato sull'elemento verticale che lo sostiene.

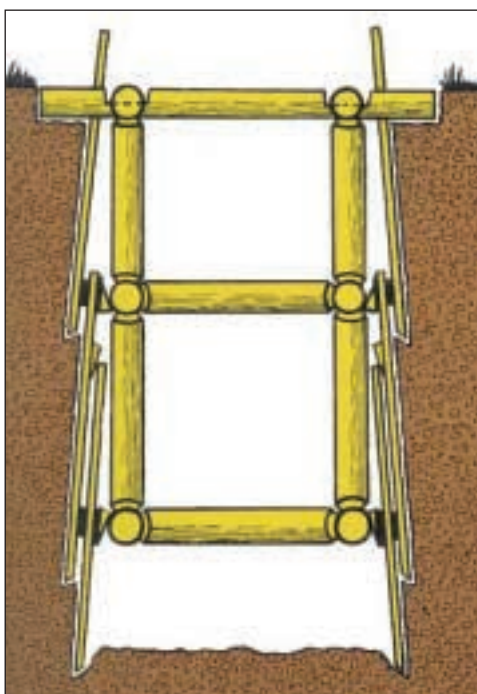
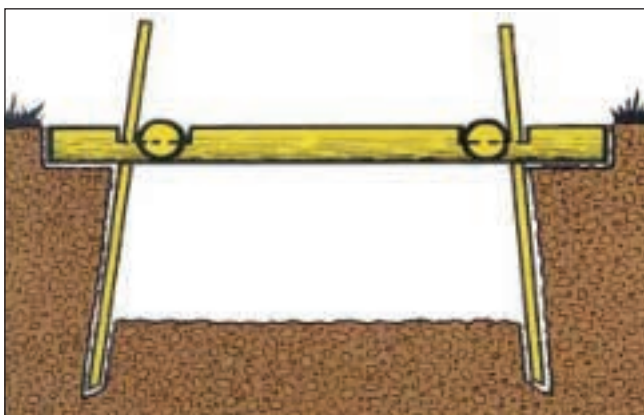
Dopo aver installato almeno due puntoni sulla coppia di montanti verticali, si può procedere alla sistemazione del puntone posto in basso. È importante ricordare che questa armatura di contrasto necessita di almeno due puntoni per ogni coppia di montanti verticali. Quanto descritto va seguito per ogni set di armatura, per garantire la sicurezza di chi lavora nello scavo.



Armatura di scavi in terreni granulari

Quando il terreno non rende possibile nemmeno uno scavo di profondità minima, oppure quando si deve operare in siti urbani e occorre evitare qualsiasi depressione del terreno, è

necessario rispettare rigorosamente le seguenti modalità: dopo aver scavato per circa 30 centimetri si infiggono nel terreno le due pareti verticali aventi una leggera inclinazione. Quindi si dispongono i puntoni di contrasto e si realizza un successivo scavo installando un secondo blocco di armatura, con pareti aventi la stessa inclinazione di quelle superiori e così via.



La procedura descritta consente di raggiungere anche notevoli profondità in terreni senza alcuna coesione. Va ricordato che questo tipo di armatura non è facile da eseguire a regola d'arte: richiede, infatti, attrezzature specifiche e mano d'opera molto qualificata.

Rimozione dell'armatura

Per la rimozione dell'armatura occorre procedere dal basso verso l'alto, avendo particolare cura nel proteggere sempre il lavoratore che si trova dentro lo scavo.

Se al momento del disarmo si avverte che l'armatura (puntoni e montanti) è sottoposta a pressione perché il terreno ha subito dei movimenti, occorre riempire la trincea con il terreno prima di rimuovere puntoni e montanti.

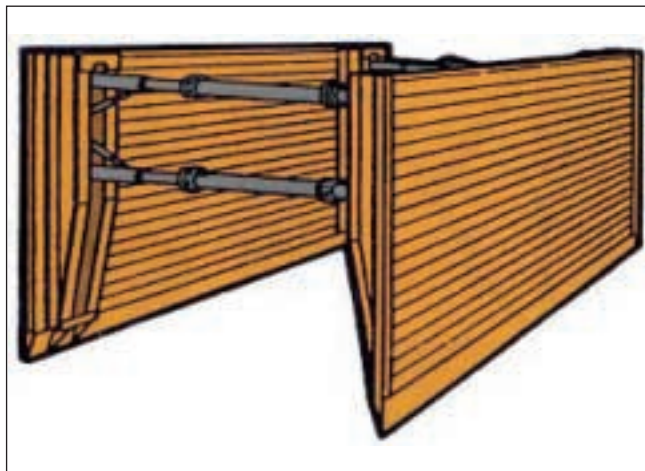
Quando è possibile, l'armatura deve essere rimossa dagli stessi operai che l'hanno installata, in quanto meglio di altri possono verificare la presenza di nuove condizioni di rischio nel terreno, successive alla posa in opera dell'armatura.

Protezioni blindate

Gli elementi dell'armatura sono solitamente realizzati con pannelli metallici e in legno o con telai multipli in acciaio.

A) Pannelli metallici.

I cassoni da realizzare comprendono due pannelli metallici laterali tenuti insieme da due puntoni d'acciaio.



I pannelli, costituiti da profilati metallici saldati insieme per tutta la loro lunghezza, sono rinforzati da un montante verticale centrale su cui sono fissati i puntoni. La base dei pannelli è appuntita per consentire una più facile penetrazione nel terreno. I puntoni, in numero minimo di due, sono realizzati *a vite* e consentono di regolare e di

inclinare il cassone in modo da facilitare la sua messa in opera.

Un altro tipo di cassone utilizzato è quello dotato di quattro puntoni disposti due alla volta alle estremità dei pannelli.

Con lo stesso principio costruttivo, esistono diverse categorie di cassoni aventi una diversa robustezza, a secondo dei carichi e delle spinte che

dovranno sopportare.

In ciascuno di essi, elementi particolari consentono di adattare esattamente le dimensioni dei cassoni a quelle della trincea da armare.

Nei terreni coesivi è possibile realizzare lo scavo fino alla profondità definitiva e collocare quindi i cassoni sul fondo dello scavo. Il numero dei cassoni da utilizzare contemporaneamente dipende dalla lunghezza degli elementi di canalizzazione da mettere in opera.

Per consentire agli operai di collocare in sicurezza la canalizzazione, è necessario utilizzare simultaneamente tre elementi di tre metri di lunghezza.

Per canalizzazioni corte (da 2 a 3 metri) bastano solo due elementi di cassoni.

Conviene sempre utilizzare cassoni di un'altezza leggermente superiore alla profondità dello scavo. Quando non si può armare lo scavo per tutta la sua altezza è preferibile collocare i cassoni nella parte superiore dello scavo e lasciare non armato il fondo, il cui franamento è molto improbabile, a meno che non ci si trovi in presenza di argille molli o terreni simili.

B) Pannelli in legno

I pannelli in legno si utilizzano solitamente per lavori di scavo di piccole dimensioni. L'impiego del legno consente di costruire direttamente i pannelli a seconda dell'altezza dello scavo e di disporre i successivi puntoni a vite secondo le dimensioni della stessa armatura.

L'armatura così realizzata è subito disponibile per la messa in opera.

C) Telai in acciaio

Se lo scavo è realizzato in un terreno in cui la decompressione può procurare collassi ed improvvisi smottamenti, per effettuare lavori di piccola durata si possono utilizzare *telai mobili* realizzabili direttamente dall'impresa che effettua i lavori.

Queste strutture, con ossatura metallica e pareti realizzate con montanti, devono avere una sufficiente resistenza ai carichi dinamici e dissimmetrici che si presentano in caso di frana.

Vanno evitati telai leggeri che non hanno adeguata resistenza, anche se più facili da collocare nello scavo.

Nei terreni poco coerenti o quando vanno assolutamente evitate compressioni nel materiale stesso, si rende necessaria la messa in opera delle protezioni durante lo scavo.

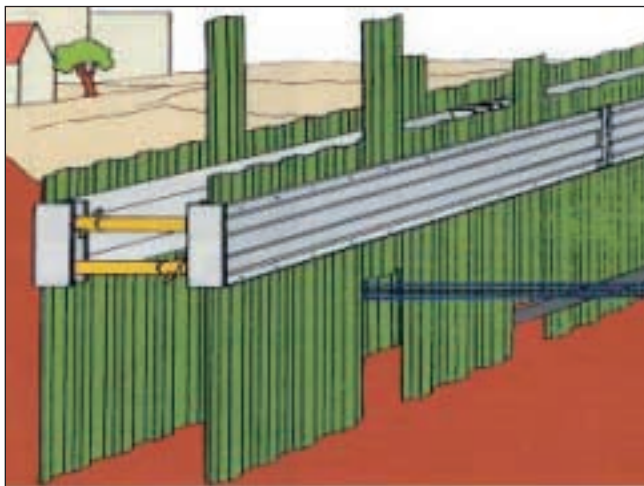
Per i componenti ed il montaggio valgono le stesse indicazioni sopra riportate.

In questo caso però gli elementi sono assemblati in fase di avanzamento.

Palancole metalliche

In molti casi è fondamentale rinforzare il terreno con resistenti palancole metalliche **prima di avviare** le operazioni di scavo.

Per effettuare questo tipo di armatura occorre utilizzare un macchinario speciale che permette di infiggere contestualmente nel terreno le palancole che devono supportare le due facciate dello scavo.



Dopo questa operazione, durante lo scavo devono essere inseriti i puntoni di contrasto man mano che la profondità della trincea aumenta.

Il numero degli elementi di contrasto dipende ovviamente dalla natura del terreno e dalle dimensioni dello scavo. Nella maggior parte dei casi è sufficiente la sola armatura di contrasto superiore, che rende inoltre più facile la posa in opera delle canalizzazioni.

Un altro sistema di protezione con palancole è quello che fa uso di una cintura, con il duplice scopo di armatura di contrasto e guida dentro cui far passare le palancole stesse.

Montanti e pannelli metallici

Un sistema alternativo a quello delle palancole, è quello che fa uso di montanti e pannelli metallici infissi nel terreno sempre prima di iniziare lo scavo. I montanti sono realizzati con due profilati metallici tenuti insieme da puntelli aventi contrasto regolabile. Per profondità da 3 a 7 metri esistono montanti metallici che consentono di mettere in opera per ogni lato della trincea due pannelli metallici.

Sistemi di protezione e di accesso allo scavo

Parapetti

In presenza di scavi profondi oltre 2 metri, per evitare rischi di caduta dall'alto, si devono predisporre lungo i bordi dello scavo appositi parapetti, alti almeno 1 metro, dotati di tavola ferma piede di circa 20 cm. Lo spazio tra la tavola ferma piede e il corrente superiore non deve superare i 60 cm.

I parapetti dovranno poter sopportare un carico di almeno 50 kg/m. In presenza di persone o traffico veicolare, il parapetto deve essere sempre segnalato con nastro di colore rosso/bianco e con lampade elettriche o lanterne ad olio durante la notte.

Passerelle e rampe

Le rampe di accesso e di uscita dallo scavo devono essere realizzate secondo un progetto effettuato da un tecnico specializzato.

Quando le rampe sono costruite con due o più elementi strutturali, gli stessi devono essere assemblati in modo da evitare movimenti o spostamenti che ne compromettano la stabilità.

Per rendere possibile e sicuro l'attraversamento dello scavo o della trincea da parte dei soli lavoratori, occorre predisporre delle passerelle larghe almeno 60 cm.

Quando le passerelle vengono utilizzate anche per il trasporto di materiale, devono essere larghe minimo 120 cm. In tutti i casi devono comunque essere sempre dotate di parapetti e barriere ferma piede su entrambi i lati.

Scale

Le scale a mano utilizzate per accedere al fondo dello scavo devono essere:

- sporgenti di almeno 1 metro oltre il bordo dello scavo;
- raggiungibili entro 10 metri da un qualsiasi punto del fondo scavo;
- realizzate con materiale isolante quando si prevede nello scavo la presenza di linee elettriche interrate;
- ispezionate prima dell'uso; quelle difettose devono essere rimosse e segnalate con un cartello "non usare";
- utilizzate solo su superfici di appoggio stabili e a livello. In caso contrario esse vanno stabilizzate con opportuni vincoli;
- posizionate con un'inclinazione tale che la distanza tra il piede della scala e la parete verticale sia pari a circa un quarto dell'altezza dello scavo.

Quando si prevede sul fondo dello scavo la presenza di oltre 25 addetti e quando la scala rappresenta l'unica via di uscita, è necessario prevedere almeno due scale.

Ai lavoratori che fanno uso delle scale deve essere vietato il trasporto di materiale o carichi che possano determinare il rischio di caduta.

Un altro sistema che può essere utilizzato per accedere alla base dello scavo è quello di realizzare gradini ricavati nel terreno, che vanno opportunamente rinforzati e resi sicuri.

Capitolo VIII

Dinamica del verificarsi dell'evento

Introduzione

Le opere di scavo esprimono un livello molto elevato di rischio per gli operai addetti, soprattutto quando non vengono rispettate le norme di sicurezza in termini di mancanza o inadeguatezza delle armature di contenimento. Di seguito vengono presentati tre casi relativi ad incidenti sul lavoro realmente accaduti, per sottolineare l'esigenza della prevenzione, sia dal punto di vista culturale che operativo.

Analisi di tre casi

Caso 1

Tipo di attività: posa tubazioni di fognatura

Tipo di terreno: depositi fluvioglaciali e glaciali per lo più ghiaioso-sabbiosi parzialmente alterati (ferrettizzati)

Breve descrizione dell'evento

L'operaio era all'interno dello scavo a sezione ristretta per effettuare il rifianco in calcestruzzo del tubo di fognatura (diametro 230-300mm): L'operaio, che era in piedi sul tubo, veniva investito dal franamento della parete opposta che lo seppelliva fino alla vita schiacciandolo contro l'altra parete.

L'operaio è stato liberato dai colleghi con l'uso dell'escavatore.

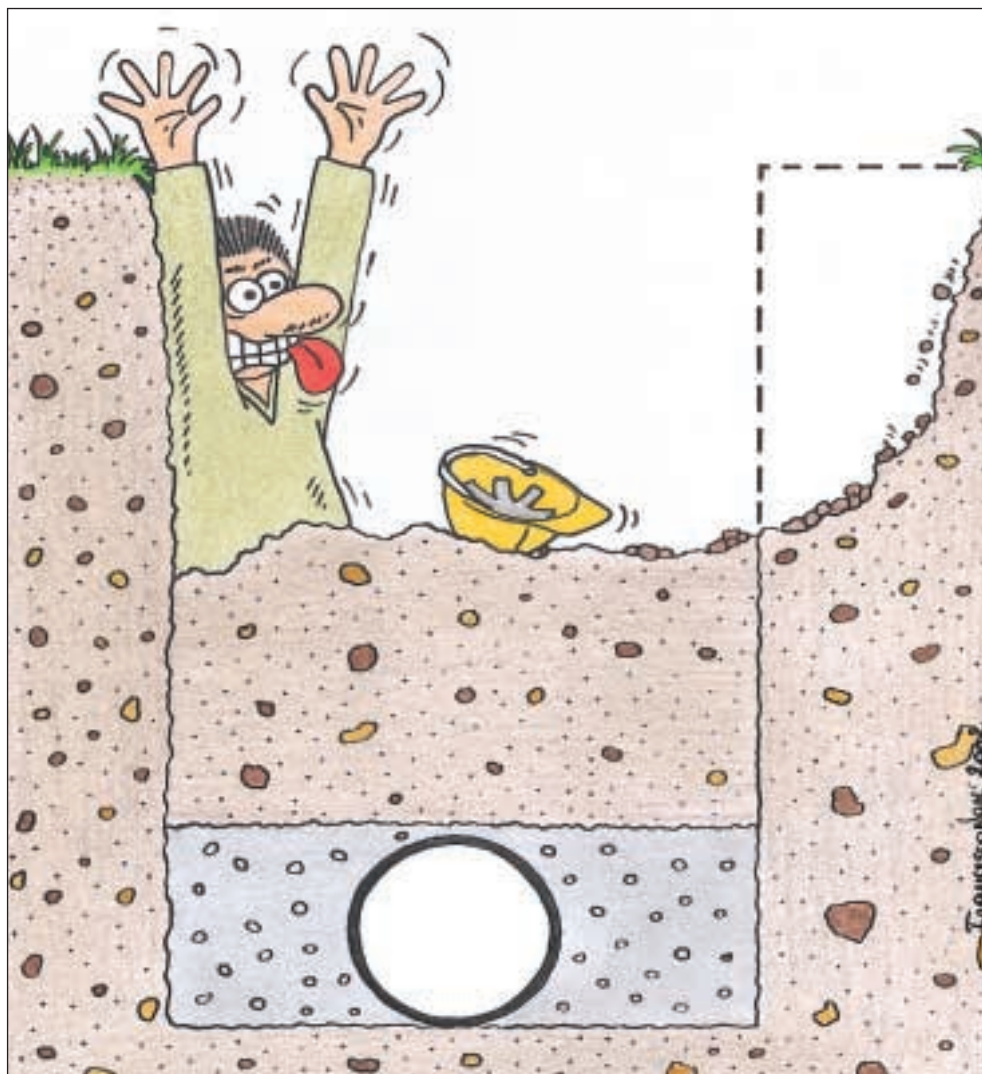
Conseguenze

L'operaio ha riportato un trauma toraco-addominale con fratture multiple costali, con grado di invalidità valutato del 20%.

Età dell'operaio: 50 anni

Esperienza nel settore: >10 anni

Quando l'evento è avvenuto: ore 11,00 di lunedì.



Caso numero 1 - Posa tubazioni di fognatura

Risultati delle ispezioni

Lo stesso giorno dell'evento sono state contestate le seguenti violazioni per:

- non aver impedito la presenza dei lavoratori nel campo di azione dell'escavatore (art. 12 c.3 del DPR 164/56);
- non aver provveduto ad allestire le necessarie armature di sostegno (art. 13 c. 1 DPR 164/56);
- aver costituito un deposito di materiali lungo il ciglio dello scavo (art. 14 DPR 164/56).

Sanzione applicata: 4 milioni di lire.

Come prevenire l'incidente (analisi geologico-tecnica dell'evento)

Attraverso l'analisi dell'evento emerge che:

- si doveva evitare di accumulare il materiale di risulta sui bordi dello scavo;
- lo scavo andava armato appena possibile, e non dopo la posa del tubo;
- lo scavo non doveva rimanere aperto per tutto il week-end (come si presuppone in relazione al fatto che l'incidente è avvenuto di lunedì).

Caso 2

Tipo di attività: inumazione in cimitero

Tipo di terreno: depositi fluvio-glaciali ghiaioso-sabbiosi con superficie pedogenizzata (suolo)



Caso numero 2 - Inumazione in cimitero

Breve descrizione dell'evento

Durante l'esecuzione dello scavo della fossa per inumazione, l'operaio, mentre era intento a posare un antone di sbarramento del terreno, veniva colpito dall'antone stesso a causa del franamento della sponda.

Conseguenze

L'operaio ha riportato contusioni multiple con lombalgia acuta; nessuna conseguenza permanente, ma limitazione per alcune attività lavorative (esclusione di lavorazioni che comportino l'impegno del rachide)

Età dell'operaio: 29 anni

Quando l'evento è accaduto: alle ore 11.30 di sabato, dopo 3 ore e mezza dall'inizio dell'attività.

Come prevenire l'incidente (analisi geologico-tecnica dell'evento)

Lo scavo andava armato appena possibile: ha ceduto infatti a meno di tre ore dall'apertura dello scavo stesso.

Occorreva dunque seguire la procedura di cui al capitolo VII "armatura di scavi in terreni granulari".

Caso 3

Tipo di attività: ripristino impermeabilizzazione di locali interrati in trincea

Tipo di terreno: limi sabbiosi saturi in posizione a mezzacosta (collina)

Breve descrizione dell'evento

Per ripristinare l'impermeabilizzazione dei locali interrati di una villetta, veniva aperta, a monte, una trincea di 6 metri di lunghezza, 4 metri di profondità e 1 metro di ampiezza. Le pareti verticali dello scavo non sono state armate, ma solo puntellate con assi di legno nella parte più superficiale.

Il terreno era saturo e presentava una "crosta" superficiale compatta a causa del gelo.

Dopo un giorno e mezzo dall'apertura (con segni già evidenti di fratture nella crosta gelata), la parete a monte dello scavo crollava, riempiendo la trincea con quasi 2 m³ di materiale.

Conseguenze

In questo caso fortunatamente non ci sono state conseguenze, in quanto l'operaio è riuscito a scappare all'ultimo momento. Un piccolo ritardo e sarebbe rimasto seppellito completamente dalla frana, senza possibilità di salvezza.



Caso numero 3 - Ripristino impermeabilizzazione di locali interrati in trincea

Come prevenire l'incidente (analisi geologico-tecnica dell'evento)

Sarebbe stato necessario tenere presente che:

- i terreni saturi e con quelle caratteristiche hanno sempre bisogno di adeguate armature di sostegno;
- le trincee di quelle dimensioni (6m di lunghezza x 1m di larghezza x 4m di profondità) devono essere sempre armate per tutta la profondità;
- la larghezza della trincea era insufficiente (occorreva prevedere una larghezza di almeno 2 metri).

Capitolo IX

Tecniche alternative di scavo

Tecniche alternative di scavo

In questo paragrafo si accennerà alle nuove tecniche di scavo, con particolare riguardo alla posa dei cavi e sottoservizi, sia sotto il profilo conoscitivo sia sotto quello della sicurezza.

Le nuove tecniche migliorano la prevenzione

Prevenzione vuol dire anche ricerca di nuove soluzioni e tecniche di lavoro alternative alle attività tradizionali, in grado di coniugare la riduzione dei rischi e il miglioramento della competitività delle aziende.

L'utilizzo di tecniche moderne di posa in opera delle reti di servizi (cosiddette "no dig") realizzano una notevole riduzione, se non l'eliminazione, del rischio più grave: il seppellimento nello scavo.

In Italia la tecnologia "no dig", introdotta per la prima volta agli inizi degli anni '80, ha subito, nella seconda metà degli anni '90, un notevole impulso, soprattutto per le opere relative al cablaggio di importanti città.

Questa tecnica, utilizzata per la posa delle reti di distribuzione di gas, di acqua e di servizi telefonici, permette di evitare i problemi tipici dei cantieri nei centri abitati e storici delle città; consente infatti di limitare gran parte dei disagi e di superare agevolmente le difficoltà di tipo geologico, idrogeologico e quelle connesse alla presenza di infrastrutture viarie (ferrovie, strade, ponti, canalizzazioni).

Queste nuove tecnologie permettono anche di prolungare la vita delle tubazioni già in opera con operazioni di manutenzione in-situ, senza dover smantellare quanto si trova al di sopra di questi servizi interrati.

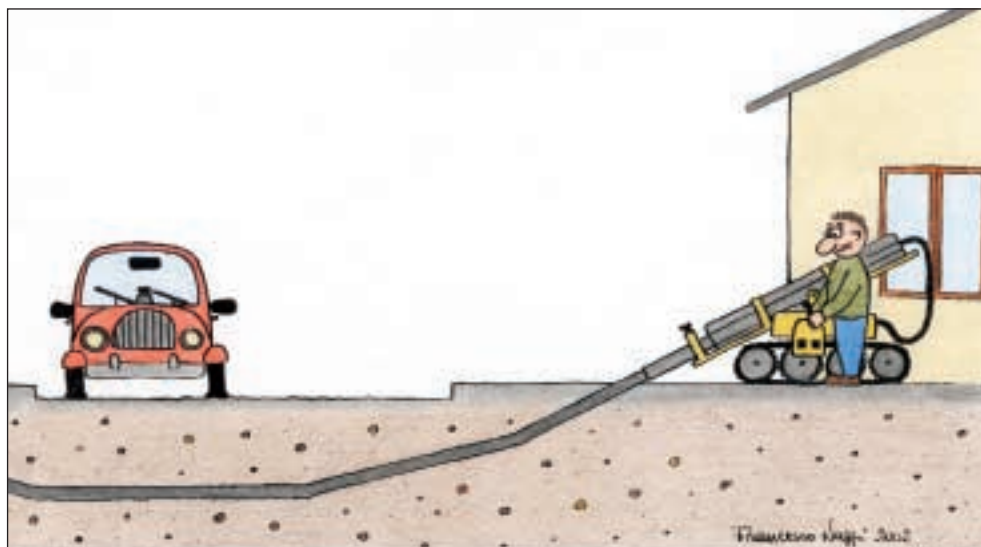
Le tecnologie "no dig"

Si tratta di metodi diversi di microperforazione che permettono di realizzare nel sottosuolo fori sub-orizzontali con diametri inferiori a 3500mm, utilizzando speciali "talpe" a calcestruzzo in progressione, dove il rivestimento consente l'avanzamento della batteria di perforazione e l'armatura metallica permette di conferire all'opera la sua forma ed il suo aspetto.

Le tecnologie no dig si distinguono in: *directional drilling, microtunneling, pipe*

ramming, pipe bursting e splitting.

Il *directional drilling* utilizza speciali perforatrici dotate di un sistema di guida in grado di direzionare, nel sottosuolo, una batteria di perforazione secondo traiettorie di forma diversa. Con questa tecnologia si possono posare condotte con diametro sino a 1200 millimetri e lunghezza di tiro (distanza tra i punti di entrata e di uscita) fino a 1000 metri.



Questa tecnica risulta più conveniente per profondità superiori ai due metri, anche con riferimento ai soli costi di costruzione.

Il *microtunnelling* si basa sull'impiego di microfresce sotterranee, (*microtunneller*) in grado di ruotare autonomamente, che ricevono la spinta necessaria all'avanzamento da un apposito gruppo idraulico che viene alloggiato nel pozzo di partenza.

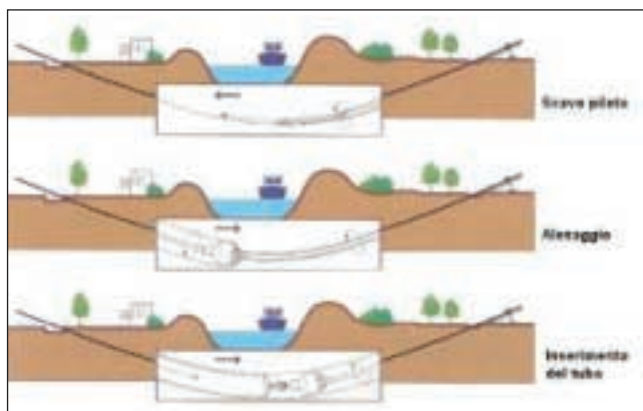


Immagine tratta dal sito www.addshdd.com

Il *microtunnelling* permette la posa di condotte aventi diametri oscillanti tra i 400 ed i 3500 mm.

Il *pipe ramming* è una tecnologia che permette di posare condotte in acciaio con impiego di speciali percussori pneumatici in grado di spingere la tubazione attraverso il terreno.

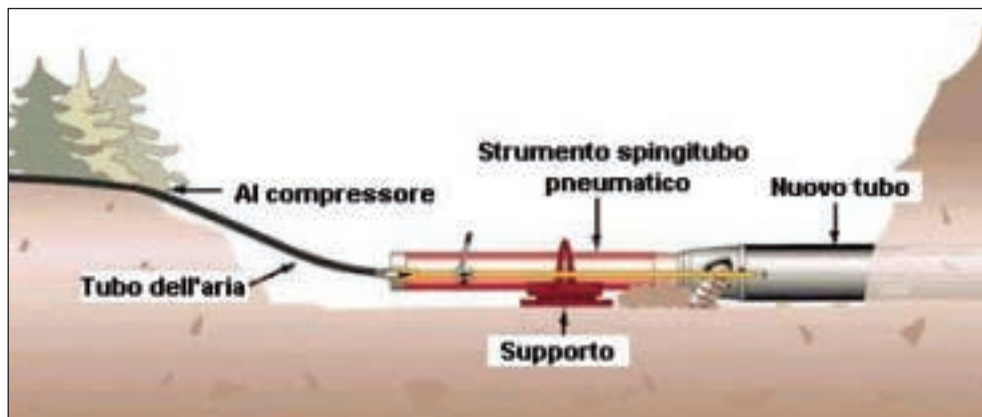


Immagine tratta dal sito www.sscboring.com della TT Technologies, Inc.

I metodi *pipe bursting* e *splitting*, che prevedono operazioni di demolizione e posa che avvengono nel sottosuolo senza scavi a cielo aperto, consentono la posa di nuove condotte in sostituzione di quelle esistenti.

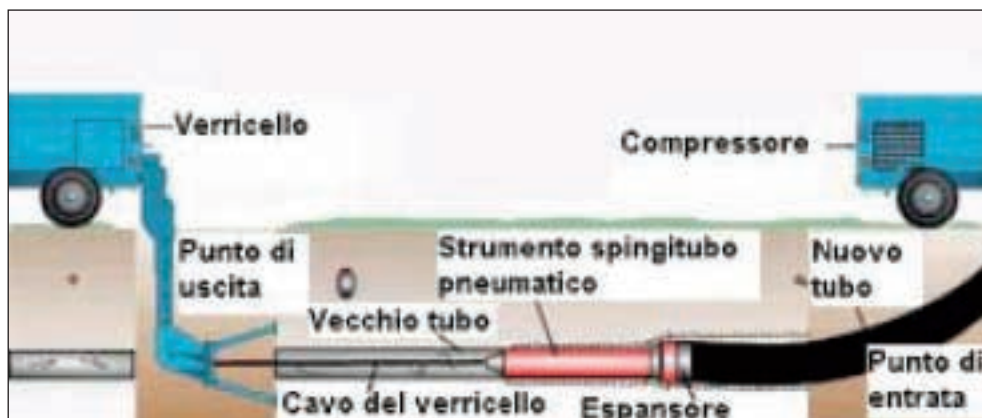


Immagine tratta dal sito www.sscboring.com della TT Technologies, Inc.

I vantaggi di queste nuove tecniche di lavorazione sono strettamente connessi alla maggiore economicità e rapidità nell'esecuzione delle operazioni di installazione e/o manutenzione.