PuntoSicuro

ARTICOLO DI PUNTOSICURO

Anno 27 - numero 5918 di Giovedì 11 settembre 2025

Imparare dagli errori: incidenti negli scavi e con le talpe meccaniche

Esempi di infortuni di lavoro correlati alla realizzazione di opere in sotterraneo mediante mezzi meccanici. Una tesi riporta alcuni casi di infortunio e un'analisi delle cause di un incidente avvenuto con una Tunnel Boring Machine.

Brescia, 11 Set ? I lavori necessari per la **realizzazione di opere in sotterraneo mediante mezzi meccanici**, ad esempio **macchine ad attacco a piena sezione** per lo scavo delle gallerie, richiedono una particolare attenzione riguardo alla sicurezza e tutela dei lavoratori.

Questo contesto lavorativo può essere caratterizzato dalla "presenza di spazi operativi estremamente ristretti, dall'elevata concentrazione di mezzi di grande potenza, dall'utilizzo di cicli di lavoro iterativi" e "da tempi ridotti per l' esecuzione degli scavi".

In questa situazione, in relazione alle specificità delle tecnologie e degli ambienti, è necessaria "un'**evoluzione dell'approccio generale di analisi**" anche relativamente agli infortuni.

A segnalarlo è una **tesi di laurea**, che il nostro giornale ha già presentato, premiata nel 2020 nel "*Premio tesi di laurea nell'ambito della salute e sicurezza sul lavoro e sostenibilità*", organizzato dalla Fondazione Aifos.

La tesi, intitolata " Analisi approfondita degli infortuni a fini di prevenzione: implementazione di un approccio computer-assistito specifico per attività in sotterraneo", ci permette di soffermarci con la nostra rubrica "**Imparare dagli errori**" su alcuni incidenti in questi particolari ambiti di lavoro.

Infatti la tesi, che rappresenta l'elaborato finale di laurea in Tecniche della Prevenzione nell'Ambiente e nei Luoghi di Lavoro di **Salvatore Pentimalli** (Università degli studi di Torino - Scuola di Medicina), presenta una raccolta di case histories e un inquadramento di quelle che sono le tipologie di **macchine per lo scavo** e l'individuazione dei **potenziali problemi connessi al loro impiego**, con riferimento particolare alle **macchine TBM** (*tunnel boring machine*), frese meccaniche a piena sezione che vengono comunemente chiamate **talpe meccaniche**.

Questi gli argomenti affrontati nell'articolo:

- Esempi di infortuni nell'impiego di macchine da scavo
- L'analisi delle cause per il caso studio

Pubblicità

Esempi di infortuni nell'impiego di macchine da scavo

Raccogliamo dalla tesi alcuni **casi di infortunio** tratti dalle banche dati del sito del Dipartimento del Lavoro americano dell' OSHA (Occupational Safety and Health Administration).

Questi alcuni infortuni connessi all'**impiego di macchine da scavo**:

- **Report OSHA, numero di ispezione: 301868394**: "il dipendente n.1 aveva preparato i bulloni da roccia e stava predisponendo un bullone nell'installatore della TBM, quando una roccia cadde dal quarto arco est del tunnel. La roccia, lunga circa 18-20 pollici, larga 12-14 pollici e spessa 6 pollici, ha colpito prima il dipendente n.1 sul lato posteriore sinistro della testa e poi sulla scapola sinistra. Il dipendente n.1 ha riportato una frattura alla scapola ed è stato ricoverato in ospedale";
- **Report OSHA, numero di ispezione: 1000660.015**: "l'8 ottobre 2014, alle 16.15 circa, un dipendente stava lavorando in una TBM allestendo un nastro trasportatore. La lama di taglio della TBM si è inceppata a causa di una roccia o di un altro oggetto duro, provocando lo scossone del nastro trasportatore che sobbalzando ha colpito alla testa il dipendente. Il lavoratore ha riportato traumi da corpo contundente ed è stato ucciso";
- **Report OSHA, numero di ispezione: 303587778**: "intorno alle 12:15 del 29 giugno 2004, un dipendente, che ricopriva le mansioni di minatore ed operaio, stava lavorando con un erettore di segmenti di una TBM. Il dipendente ha notato uno spessore fuori posizione ed ha raggiunto i segmenti per cercare di ripristinarlo mentre i martinetti erettori erano in movimento, con il risultato che le sue dita sono state intrappolate tra due segmenti di cemento. Il dipendente è stato ricoverato in ospedale con una lesione da schiacciamento alla mano destra ed in seguito è stato necessario un intervento chirurgico".

Per valutare e analizzare gli infortuni è riportato anche un **caso di infortunio** "analizzato con il software implementato, ottenuto consultando la banca dati DOL OSHA, ed introducendo, per completezza di applicazione del metodo, alcune ipotesi integrative logicamente sostenibili a quanto direttamente ricavabile dal data base":

- **Report OSHA, numero di ispezione: 316003078**: l'11 giugno 2012, il dipendente n.1, del Vegas XXXX, Las Vegas XX, "faceva parte di un gruppo di turnisti che scavava una galleria. Stavano usando una Tunnel Boring Machine (TBM). La TBM ha scavato in modalità chiusa per circa 17 giorni. Modalità chiusa è un termine usato per descrivere una delle due modalità operative che questa TBM era in grado di eseguire, l'altra era in modalità aperta. Lo scavo in modalità chiusa comporta la pressurizzazione della testa di taglio e del fronte di scavo, in modo da sostenere il terreno e/o controllare l'afflusso eccessivo di acque sotterranee. La TBM ha trovato un afflusso d'acqua scavando attraverso una grande zona di faglia verticale che in seguito ha provocato il distacco. Le condizioni del terreno richiedevano che la testa della TBM fosse pressurizzata a circa 13 bar di pressione. La malta iniettata nello spazio anulare veniva pompata a circa 14 bar. La squadra in turno aveva iniziato a lavorare e si stava preparando per installare un set di segmenti per l'anello n. 135. Ha iniziato a costruire l'anello n. 135 alle 16:00 circa. Il primo segmento fu installato con successo nella corona della galleria (parte superiore). La squadra iniziò quindi ad installare il secondo segmento, che doveva essere posizionato davanti al concio chiave dell'anello 134. Tre martinetti idraulici, di cui uno al fianco del concio chiave dell'anello n. 134, sono stati lentamente ritratti. Quasi non appena iniziò la ritrazione, si udì un forte schiocco. Alcuni membri della squadra hanno riferito di aver udito un secondo colpo. Il concio chiave dell'anello n. 134 si era spostato in avanti di circa 4 pollici. Andando avanti non ha tenuto alle forze esercitate. Questo spostamento ha permesso alla malta e ad altri materiali come le rocce di sfuggire all'anello ad una pressione di circa 14 bar (200 psi). Il dipendente n.1 era in piedi di fronte all'area in cui si sviluppava il vuoto. È stato colpito ed ucciso dalla malta e dalle rocce proiettate. I colleghi hanno recuperato il corpo del dipendente n.1 e l'hanno portato fuori dalla galleria".

L'analisi delle cause per il caso studio

Con riferimento a quest'ultimo caso studio dall'analisi emerge "che innanzitutto il **documento di valutazione dei rischi** è stato compilato usando come tecnica di identificazione dei pericoli una lista di controllo" e "di conseguenza probabilmente la stima dell'entità del danno (ED) e della probabilità di accadimento (P) sono state ricavate tramite una matrice di rischio che non tiene conto del fattore di contatto (FC)". Inoltre "sono assenti sia soluzioni di gestione per rimuovere i rischi residui sia il modello di esposizione dei lavoratori".

Passando all'**analisi delle cause per il caso studio**, si indica che le "**cause indirette di secondo livello** correlate alla rottura con esplosione di schegge sono:

- ♦ La presenza di acque in sotterraneo
  ♦ La presenza di deformazioni (faglie, pieghe)
  ♦ Iniezione delle miscele cementizie
  ♦ Supervisione
  ♦ Procedure per addetti impianti
  ♦ Procedure per preposti.

Mentre "le cause indirette di secondo livello collegate invece ai problemi di controllo parziale o totale della macchina sono:

- ♦ La presenza di acque in sotterraneo
  ♦ La presenza di deformazioni (faglie, pieghe)
  ♦ Impianto di iniezione delle miscele cementizie
  ♦ Sensori di pressione iniezione miscele cementizie
  ♦ Quadro dei comandi della postazione di guida TBM (comandi impianto di iniezione miscele cementizie)
  ♦ Supervisione
  ♦ Procedure per addetti impianti
  ♦ Informazione, formazione, addestramento

Nella tesi, che vi invitiamo a visionare, è presente uno **schema di associazione** tra le cause indirette di II livello e quelle indirette di I livello.

Dai risultati ottenuti analizzando il caso "si evince che l'infortunio può essere dovuto principalmente a **difetti in fase di progettazione e di gestione**. Per i primi sono proposte '*soluzioni tecnologiche/impiantistiche*', che nel caso specifico potrebbero essere impianti di iniezione di miscele cementizie coerenti con l'evoluzione tecnica, in grado di gestire i rischi residui della lavorazione. Gli impianti devono essere dotati di limitatori di pressione collegati a dei sensori, che permettono una volta raggiunta la pressione di picco di staccare la pompa ed interrompere la portata".

Un'ulteriore soluzione per risolvere difetti di progettazione ? continua la tesi ? "possono essere i 'sistemi di rilevamento delle deviazioni', che avvertono l'operatore nel caso in cui i parametri di pressione dell'impianto deviano da quelle che sono le condizioni ordinarie o richieste dal contesto. Per i secondi vengono proposte 'procedure di supervisione da parte dei preposti' e 'procedure di verifica, controllo ed individuazione/segnalazione/gestione di anomalie funzionali elementari', che in questo caso possono essere procedure per la rilevazione della pressione anomala (così da riportarla entro i parametri richiesti dal contesto specifico) e il controllo diretto da parte di un supervisore della fase lavorativa".

Attuando questi accorgimenti di prevenzione "si è in grado di **interrompere la catena causale** che porta all'accadimento dell'evento infortunistico". E i difetti organizzativi e di gestione "possono derivare da una non esaustiva e soggettiva valutazione del rischio, comportata dal fatto che si sono usate liste di controllo che presumibilmente non tengono conto del fattore di contatto e danno una stima soggettiva dell'entità del danno e della probabilità di accadimento".

Concludiamo rimandando ancora alla lettura integrale della tesi che si sofferma ampiamente anche sull'approccio CCCP (*Computer aided Cause Consequence for Prevention*), un approccio di sistema "*nato proprio a supporto dei consulenti di giustizia ed evoluto al fine di garantire completezza ed obiettività nell'analisi di eventi infortunistici lavoro-correlati*".

Tiziano Menduto

*NB: La tesi è scaricabile attraverso il portale BTS " Biblioteca Tesi Sicurezza", una biblioteca virtuale dedicata a tutte le tesi di laurea in materia di salute e sicurezza sul lavoro e sostenibilità che hanno partecipato al "**Premio tesi di laurea**" organizzato dalla Fondazione Aifos.*

Licenza Creative Commons

www.puntosicuro.it