

EARTH PRESSURE BALANCE MACHINE

Breve cenno sull'utilizzo dello scudo meccanizzato a pressione bilanciata nello scavo delle gallerie e sulla funzione della chimica nel trattamento dei terreni.

Anche in Italia, in linea del resto con gli altri paesi europei, si è riscontrato in questi ultimi anni un notevole sviluppo di lavori in sotterraneo – pensiamo alle metropolitane urbane – dove la tecnologia di scavo tradizionale è stata sostituita ricorrendo all'impiego degli scudi meccanizzati, per lo più attrezzati per scavi a pressione bilanciata.

Lo scopo principale delle sintetiche note sotto riportate è quello di offrire ai tanti “non addetti ai lavori” del Tunneling in TBM una breve panoramica su una particolare metodologia operativa largamente adottata in ambito internazionale.

In molti progetti nel nostro paese, recentemente resi esecutivi e parte dei quali già in fase di attuazione, basti citare le nuove tratte di metropolitana di Torino, Milano, Brescia, Napoli, il nodo di Bologna, per finire con le prossime tratte della linea B1 e della linea C di Roma, il metodo di avanzamento prescelto contempla in genere l'impiego delle frese EPB come conseguenza dell'evoluzione tecnologica sempre più sofisticata di questo tipo di macchine e, in parallelo, della chimica per il trattamento dei terreni.

Tunneling Boring Machines – Tipologia delle macchine di scavo

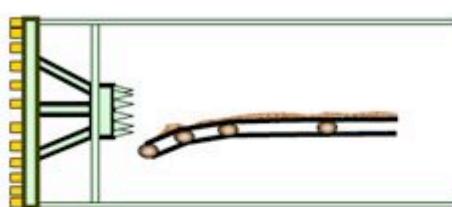
Accenniamo brevemente ai vari tipi di frese meccanizzate, utilizzate in accordo con le caratteristiche geomeccaniche del mezzo da scavare.

Sostanzialmente le TBM si suddividono in tre gruppi :

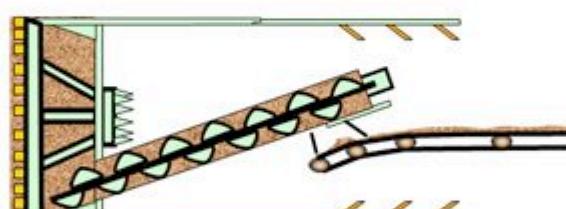
- Hard Rock Machine (HRTBM)
- Slurry Shield Machine (STBM)
- Earth Pressure Balance Machine (EPBM)
- Frese per roccia dura, munite per lo più di scudo.
- Frese munite di scudo, per terreni alluvionali scolti, privi di parti fini. Stabilizzazione del fronte mediante trattamento con slurries bentonitiche.
- Frese munite di scudo, per terreni alluvionali. Stabilizzazione del fronte, trattato con additivi chimici, attraverso un bilanciamento delle pressioni in testa mediante lo stesso terreno scavato.

TIPOLOGIA SCUDI MECCANIZZATI

Hard Rock



EPB



Slurry

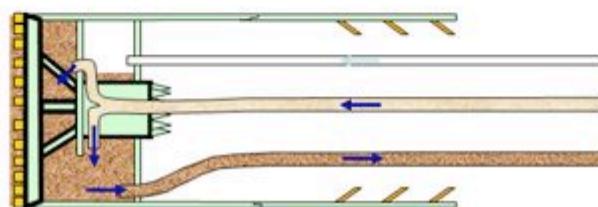


fig. 1

Slurry Shield Machine – Earth Pressure Balance Machine

Questi due tipi di attrezzature sono in genere prescelti per lo scavo in sotterraneo delle linee metropolitane che per lo più - ed è il caso del nostro paese - attraversano, a pochi metri dal p.c., terreni alluvionali quali ghiaie, sabbie, limi ed argille o, sporadicamente, livelli rocciosi molto teneri, degradati, costituenti spesso il cappellaccio d'alterazione di orizzonti rocciosi sottostanti più consistenti.

La differenza sostanziale nell'impiego di tali frese consiste nella metodologia di stabilizzazione del fronte utilizzando lo stesso terreno scavato.

Nel caso della STBM ciò avviene attraverso il trattamento del suolo mediante l'utilizzo di slurries bentonitiche, mentre nel caso della EPBM il bilanciamento delle pressioni in testa avviene trattando il terreno con particolari additivi chimici (schiume e polimeri).

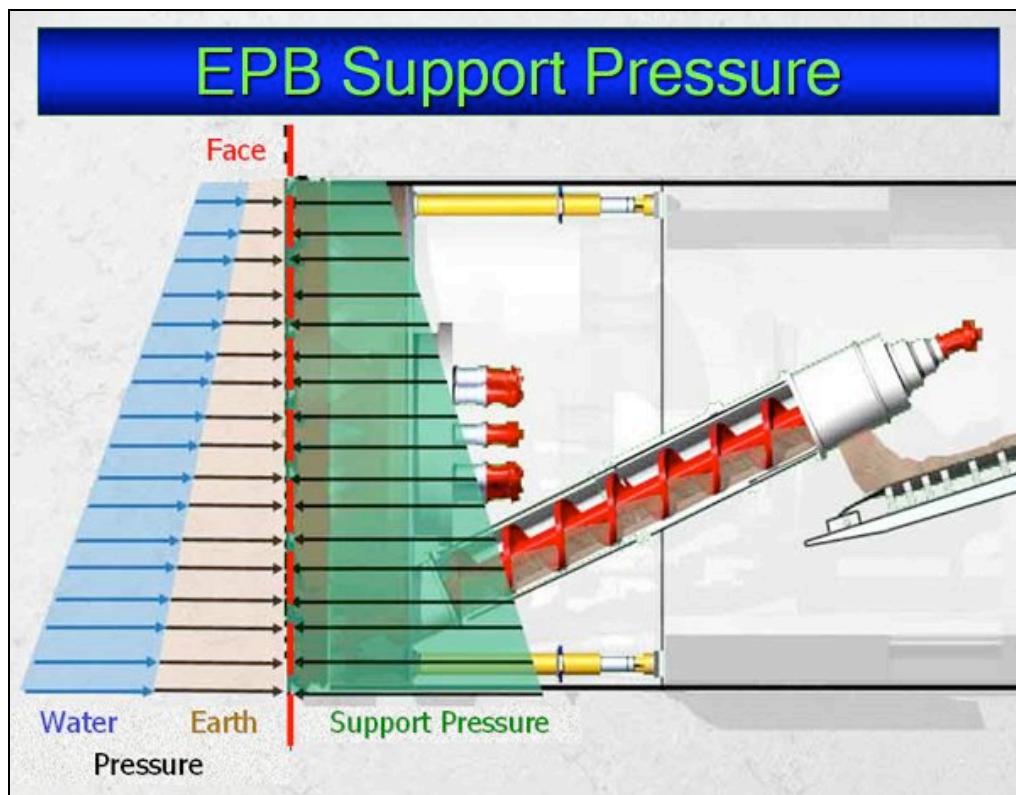


fig. 2

La scelta della prima tipologia di TBM piuttosto che della seconda viene decisa, in primis, in funzione delle caratteristiche litologiche del mezzo da scavare e, successivamente, in funzione di una serie di considerazioni tecnico-logistico-economiche che devono tener conto degli spazi a disposizione per gli impianti complementari di fornitura di superficie, delle modalità di carico e smaltimento del materiale di scavo e della possibilità di riutilizzo dello smarino.

In linea generale il metodo Slurry Shield viene utilizzato in condizioni molto particolari, in presenza di terreni incoerenti altamente permeabili e totalmente privi di fini coesivi e, come sopra accennato, necessita di un sistema impiantistico di superficie per il confezionamento della slurry, per l'eventuale riciclaggio dello smarino e per lo smaltimento della elevata quantità di fanghi.

La metodologia EPB, grazie alla sempre più sofisticata evoluzione tecnologica di tale fresa e della chimica per il trattamento dei terreni, è a tutt'oggi maggiormente utilizzata in quanto consente di operare in più ampie condizioni litologiche e non necessita di costosi impianti complementari.

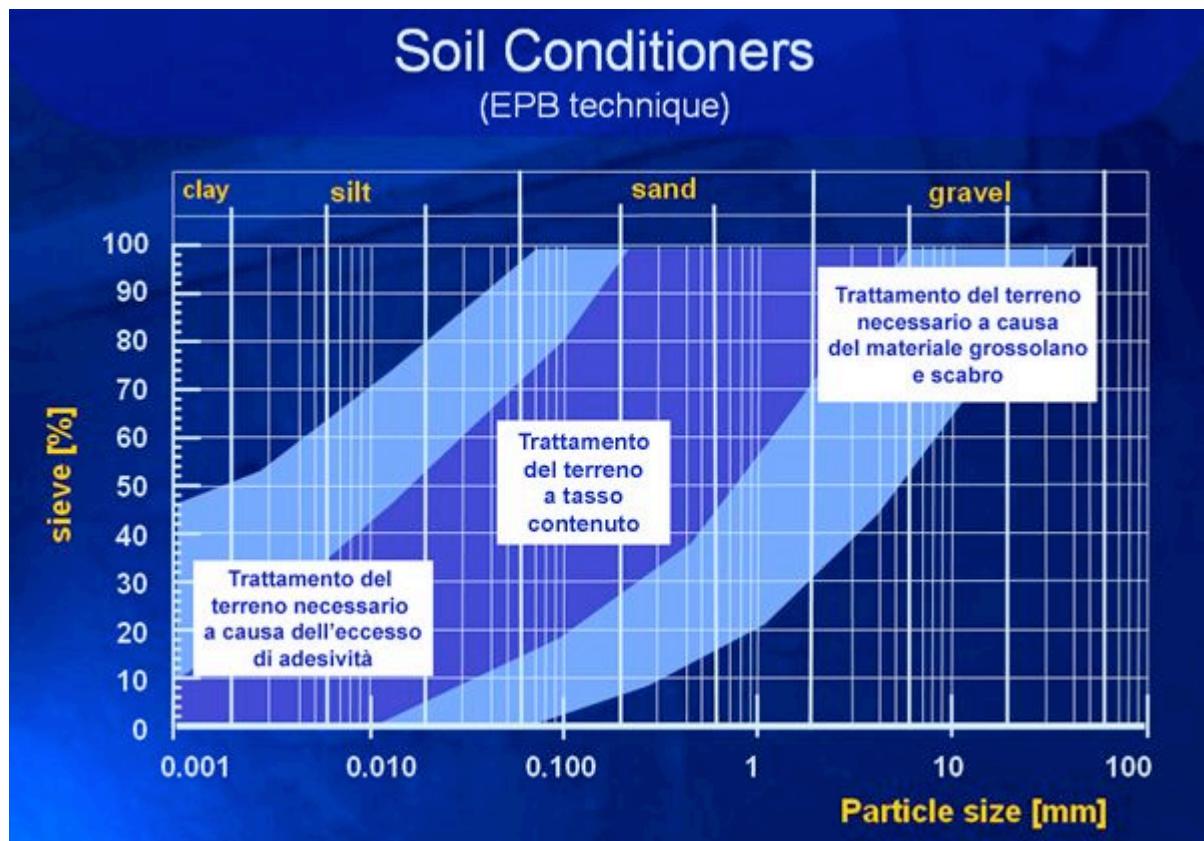


fig. 3

EPBM – Metodologia di scavo

La metodologia EPB presuppone generalmente l'utilizzo di prodotti chimici che rendono agevole l'operazione di sostegno/scavo del fronte ed accumulo/trasporto del terreno. Tale operazione, internazionalmente definita "Soil Conditioning", viene effettuata attraverso l'utilizzo di additivi schiumogeni e/o di polimeri di varia natura. La selezione della tipologia dei suddetti prodotti dipende dalle caratteristiche del terreno in situ. In alcuni casi si rende necessario l'utilizzo di speciali additivi, definiti "agenti disperdenti", che servono ad evitare fenomeni di intasamento del materiale di scavo nelle finestre della testa di taglio o nella camera d'ammasso o, ancora, nella coclea di carico dello smarino sul nastro trasportatore.

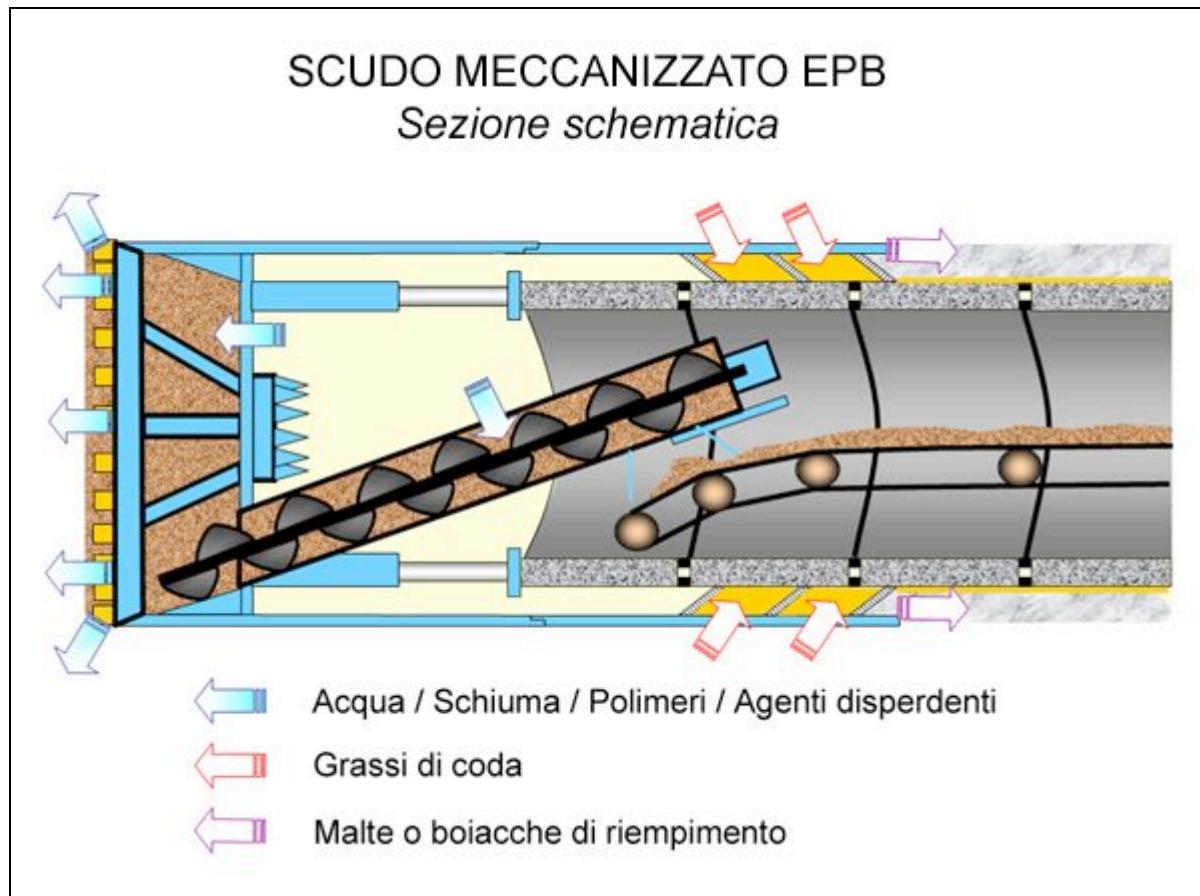


fig. 4

In generale i prodotti utilizzati nel trattamento dei terreni producono i seguenti effetti :

- **Schiume** : mantenimento della stabilità del fronte, accresciuta capacità di deformazione plastica del terreno (che viene trasformato in una "mousse" omogenea), riduzione dell'attrito interno e del momento torcente della testa di taglio.
- **Polimeri** : stabilizzazione del terreno o delle stesse schiume, ritenzione dell'acqua.
- **Agenti disperdenti** : disgregazione della struttura tabulare fortemente coesiva di orizzonti argilosì ben consolidati. Facilitano la ripresa dello scavo a seguito di forzose prolungate interruzioni.

La scelta del prodotto specifico o della combinazione di prodotti , l'individuazione dei vari parametri di applicazione in relazione al prodotto (concentrazione dell'additivo nella soluzione

acquosa, tasso d'espansione della schiuma, tasso d'inezione nel suolo) ed il metodo di avanzamento da seguire dipendono, come già accennato, dalle caratteristiche geomeccaniche del terreno attraversato durante lo scavo. Si riportano alcuni esempi caratteristici :

Caso di terreni incoerenti privi di fini

Si possono utilizzare in questo caso, a seconda della granulometria e della permeabilità del materiale (ghiaia prevalente o sabbia prevalente), sia le STBM che le EPBM.

Nel caso in cui la permeabilità sia notevole, e quindi le particelle più grossolane prevalenti, si opera in genere con la Slurry TBM, immettendo nel fronte di scavo miscele di slurries bentonitiche a consistenza variabile (la consistenza è in funzione della permeabilità).

Nel caso in cui il terreno sia prevalentemente sabbioso e la permeabilità sia quindi più ridotta rispetto al caso precedente, si può operare in alternativa con la fresa EPB, a camera piena, iniettando al fronte una combinazione di prodotti chimici che svolgono funzione analoga a quella delle miscele bentonitiche, intasano i vuoti dell'aggregato minerale, mantengono la pressione fronte/camera, danno una certa coesività al materiale di scavo agevolando l'avanzamento, ed al contempo il carico ed il trasporto dello smarino all'esterno della camera d'ammasso.

Caso di terreni incoerenti con presenza di fini

Nel caso in cui si abbia un fronte sabbioso, con buona presenza di fini nell'aggregato minerale, è consigliabile utilizzare una EPBM operando a camera piena. Il fronte di scavo e lo smarino all'interno della camera di accumulo vengono resi coesivi dall'azione dei prodotti chimici precedentemente descritti. Nel caso in cui lo scavo avvenga sotto falda e quindi i pori ed i vuoti dell'aggregato minerale siano intrisi d'acqua, si rende necessario l'utilizzo di particolari additivi, ossia di polimeri ritenitori d'acqua da utilizzarsi anche in combinazione alle schiume.

In generale l'azione dei prodotti chimici in questione si rende necessaria non solo per agevolare scavo e smarino, ma anche, come già accennato, per il contenimento del fronte stesso nelle fasi di riempimento della camera d'ammasso o nei casi in cui tale riempimento per motivi contingenti sia parziale. Infatti, quando si opera in EPB, la pressione della sola aria non è in grado di contenere il fronte poiché essa penetra entro i pori del terreno, oppure, nel caso di sottofalda, non è in grado di contenere l'acqua di percolazione al fronte.

Caso di terreni coesivi (argille)

Anche nel caso di terreni argilosi si utilizza in genere la EPBM e le modalità di scavo, cioè la scelta se operare a camera piena o vuota, dipendono dallo stato di consolidamento e dalla compattezza del tipo di suolo. Nel caso in cui si attraversi un orizzonte argilloso molto rigido, sovraconsolidato, il fronte in genere si autosostiene per cui è possibile un avanzamento a camera vuota. Nel caso in cui lo scavo interessi livelli argilosi poco tenaci, scarsamente consolidati, a giacitura irregolare, oppure terreni a prevalenza argillosa inglobanti differenti litotipi si opera in genere a camera piena.

In entrambi i casi comunque è possibile/consigliabile procedere a camera piena (le fresa EPB, opportunamente attrezzate, lo consentono) per evitare imprevisti geologici lungo il tracciato, quali lenti o depositi limo sabbiosi, spesso presenti in questo tipo di sedimenti, che possono dar luogo a seri inconvenienti.

I terreni argilosi sono in genere molto ostici e le operazioni di scavo vengono spesso rallentate per una serie di motivi che rimandano alla peculiare struttura e coesività di questo litotipo. Si citano a questo proposito due esempi rappresentativi :

- a) Nel caso in cui si abbia un fronte argilloso molto tenace e si stia utilizzando una EPBM a circuito aperto (niente aria, il fronte si autosostiene), la testa di taglio sgretola l'argilla in particelle di svariate dimensioni che vanno a costituire il detrito di scavo che frequentemente si coagula in grossi blocchi che possono arrestare la coclea di carico dello smarino nel nastro trasportatore e conseguentemente obbligano ad un fermo dell'avanzamento. In questa circostanza è necessario utilizzare prodotti schiumogeni appositamente progettati per questo tipo di terreno, che ammorbidiscono il fronte di scavo (meno sforzo, minori consumi) e creano una pellicola lubrificante attorno alle particelle detritiche impedendone così la coagulazione all'interno della camera d'ammasso.
- b) In caso di terreni argillosi estremamente coesivi, ben consolidati, sia che si operi a camera piena che a camera vuota o semivuota, può succedere che la fresa non riesca a "tagliare" il fronte, anche in caso di aggiunta d'acqua o di additivi schiumogeni e si crei una sorta di "effetto porcellana," per cui la testa continua a girare, le lame non incidono il suolo ed il materiale si surriscalda per attrito (cottura dell'argilla), in tali casi si ricorre al fermo obbligato dello scavo per consentire l'esecuzione di operazioni di ripulitura e di stasamento delle finestre di accesso della testa. In simili circostanze è necessario ricorrere all'uso di un particolare additivo ad azione disperdente, studiato appositamente per tale tipo di terreno, anche in combinazione con gli schiumogeni, che contribuisca a disgregare la struttura tabulare dell'argilla ed a rendere il fronte idoneo allo scavo.

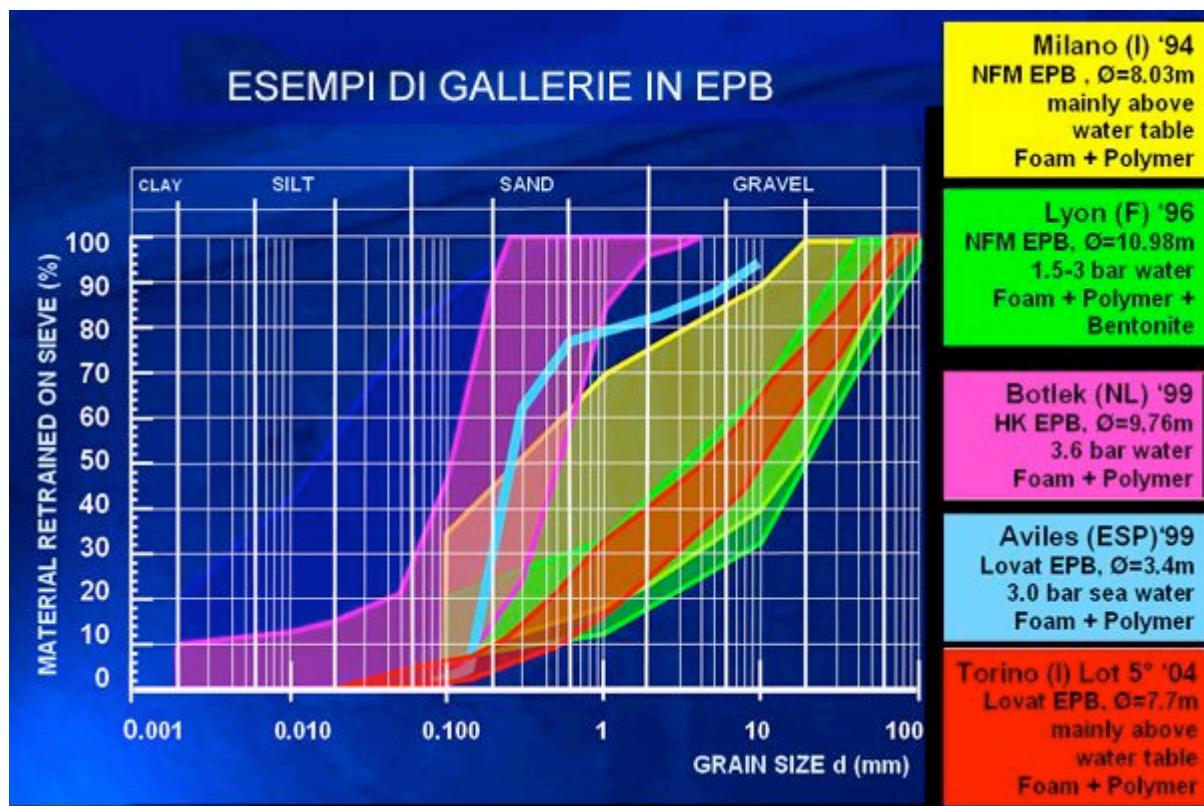


fig. 5

Conclusioni

Gli scudi meccanizzati a pressione bilanciata trovano largo impiego nella costruzione di gallerie metropolitane principalmente per la loro versatilità nel realizzare lo scavo in differenti condizioni geologiche anche nell'ambito di uno stesso progetto.