

Nastri trasportatori in primo piano

MASSIMILIANO BRINGIOTTI*

La gestione del materiale di risulta tramite impianti di trasporto su nastro: la Marti Technik ed alcune speciali applicazioni in contesti ambientali particolari e complessi

*DR. ING. A.D. GEOTUNNEL SRL, GENOVA
AGENTE ESCLUSIVO MARTI TECHNIK

Perché usare i nastri trasportatori per la movimentazione del materiale di risulta?

Domanda alla quale dare una risposta non è poi così complicato...

Praticamente in tutti i processi minerari i nastri trasportatori vengono utilizzati soprattutto per limitare le spese (in termini di riduzione dell'incidenza per t di materia prima prodotta) di movimentazione del materiale cavato verso l'impianto in grado di processarlo.

La riduzione del costo è una combinazione di vari parametri ma non è l'unico motivo, seppur sia stato la molla per svi-

luppate tale tecnologia.

Un elenco degli aspetti positivi nell'applicazione di questa soluzione, proiettato anche al mondo del tunnelling, in comparazione ai classici sistemi di trasporto su gomme, può essere così riassunto.

A) Ambientale e sicurezza:

- limitazione dell'impatto ambientale dell'intero processo produttivo;
- limitazione del rumore;
- eliminazione della produzione delle polveri;
- maggior sicurezza sulla TBM per la gestione dello smarino tramite un sistema intrinsecamente molto sicuro;
- elevazione generale dei parametri di sicurezza per l'eliminazione della possibilità di incidenti stradali lungo il tracciato a discarica;
- solo presenza di motori elettrici ed esclusione dei motori endotermici.

B) Energetico:

- risparmio notevole in energia se comparato ai consumi in gasolio;
- risparmio nel dimensionamento e consumi dell'impianto di ventilazione.

C) Ciclo di lavoro e manpower:

- il sistema di smarino è continuo per cui è disponibile in qualsiasi momento;
- risparmio in mano d'opera in assoluto (anche gestione quale mensa, alloggio, ecc.);
- maggior flessibilità per i turni di lavoro (minor numero di maestranze impegnate ed utilizzo di pochi Tecnici vs. molti Autisti).

D) Vantaggi associabili con l'uso di TBM:



- il materiale scavato dalla fresa viene smaltito in continuo dalla galleria e/o dal pozzo di scavo;
 - nessuna necessità di un lungo back up per caricare l'intero quantitativo di una spinta completa sul treno di smarino;
 - assenza di un sistema di ribaltamento dei vagoni installato al portale del tunnel;
 - nessuna interferenza tra la via di veicolamento dello smarino verso l'esterno ed il trasporto verso l'interno dei concetti di rivestimento, dei materiali di iniezione e del personale;
 - assenza di una officina meccanica per l'assistenza e manutenzione dei locomotori;
 - assenza di cisterne ed impianti di rifornimento degli stessi;
 - ottimizzazione del parco ricambi e sua minimizzazione;
 - minor personale per la gestione dell'intero sistema di smarino (autisti, meccanici, manutentori, controllori dedicati ai sistemi di sicurezza, ecc.).
- D) Infrastrutturale:
- limitazione degli interventi sulle vie stra-

tipo.
Vari sono gli esempi di cantieri standard, complessi o peculiari ove tale tecnologia è stata applicata con successo.

1. Goler (CH) – un impianto semplice per la movimentazione di inerti

Il primo esempio che riportiamo è esemplificativo del fatto di come si possa gestire la movimentazione di materiali da cava con semplicità attraverso sistemi integrati di macchine di frantumazione e vagliatura e nastri trasportatori.

Il lay out riportato mostra l'installazione di Goler, in CH.

Analizzandolo in dettaglio si può notare come il materiale cavato venga lavorato secondo una sequenza classica che prevede:

- un impianto di frantumazione primario che carica un vaglio
- dal quale l'over 250 mm va a cumulo tramite un nastro

- mentre la pezzatura inferiore ai 250 mm incomincia un lungo percorso che lo vede attraversare verdi campi, piccole industrie locali, sovrappassare strade
 - per arrivare a scalare una collina tramite un nastro lungo ca. 300 m con una pendenza di 12,8°
 - per portare a cumulo, tramite un tripper, il materiale vagliato.
- Il tragitto è abbastanza breve ma tortuoso, per cui in una situazione come questa è stato scelto un sistema a nastro per gli evidenti vantaggi legati alla limitazione dell'impatto ambientale ed all'economicità di gestione del processo.

2. Gorgier, Hong Kong e Lugano – carico dello smarino su imbarcazione

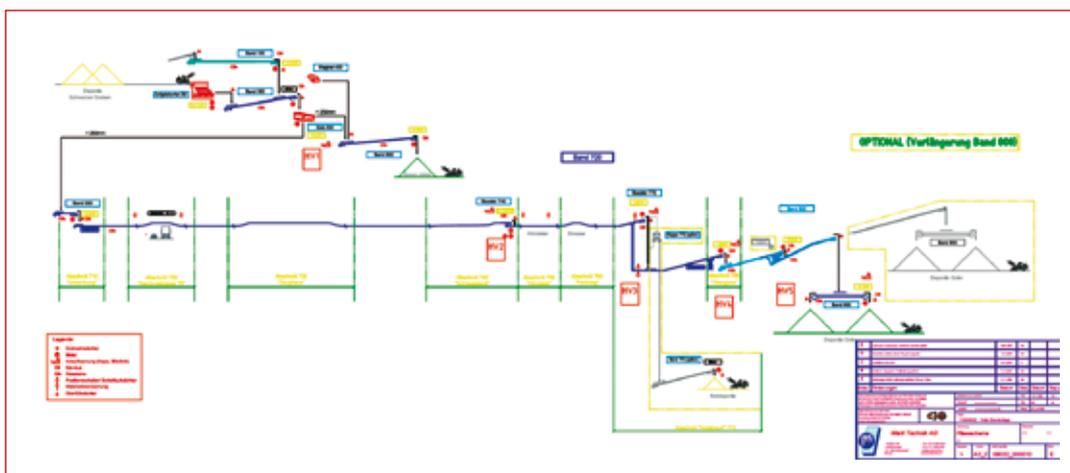
2.1 Gorgier

È un cantiere di scavo con TBM ove è stato installato un sistema integrato di smarino, a controllo completamente automatizzato, con un deposito intermedio

(totalmente protetto contro le polveri) e scarico su battello del materiale di scavo.

I principali dati tecnici sono:

1. portata del sistema: 1.100 t/h
2. quantitativo totale di materiale da movimentare: 1,3 milioni di t
3. lunghezza della galleria: 2.400 m
4. lunghezza del nastro esterno, in 6 sezioni distinte: 460 m



dali (rifacimento manto, cartellonistica, semaforica...)

- minor disturbo alle infrastrutture collaterali (vie urbane, provinciali ed autostradali).

Il pregiudizio che un impianto di nastri trasportatori abbia un costo troppo elevato risulta quindi poco motivato; è sufficiente prendere nella giusta considerazione gli elementi sopra elencati per valutare i vantaggi nell'adottare una scelta di questo





5. potenza installata: 788 kW

6. larghezza del tappeto: 800 e 1.000 mm.

2.2 Hong Kong

Per limitare i fenomeni di inondazione, dovuti dalle forti piogge o causati dai frequenti tifoni (2.200 mm di acqua nell'arco dell'anno!), nella zona settentrionale di Hong Kong si è progettata una serie di tunnel di raccolta e canalizzazione delle acque piovane.

Una di queste opere, chiamata HK West Drainage Tunnel, prevede una galleria della lunghezza di 11 km; il suo scopo è quello di captare le acque piovane, tramite 34 pozzi di intercettazione, e scaricarlo direttamente in mare nelle vicinanze di Cyberport.

Il materiale di risulta dello scavo viene movimentato tramite un sistema di nastri trasportatori continui integrato con un im-

pianto di scarico automatico del materiale di risulta su chiatta; in totale sono stati movimentati tramite tale impianto ca. 1 milione di tonnellate.

2.3 Lugano

Nella città svizzera di Lugano, affacciata sul lago omonimo, nell'area ex Palace posta in prossimità del lungolago è sorto il nuovo centro culturale di Lugano, che ha previsto, tra l'altro, la realizzazione di un museo ed un teatro con autorimessa

interrata su più livelli. L'esistenza di uno storico edificio ha condizionato in parte le scelte progettuali, in quanto la popolazione, interrogata tramite referendum, non ha voluto la demolizione totale delle esistenti murature, che quindi sono state opportunamente sottofondate e sostenute durante tutte le fasi di lavorazione. La presenza di una falda freatica poco profonda e di terreni variabili da molto sciolti a particolarmente resistenti ha comportato la scelta di eseguire le opere speciali di ritenuta tramite una idrofresa Bauer BG28-BC32.

Il materiale scavato per ottenere i volumi costruttivi ed il materiale di risulta dello scavo con idrofresa, opportunamente dissabbiato, è stato immesso nel centro del lago tramite un sistema di nastri trasportatori progettati e costruiti da Marti Technik (300.000 t trasportate con un tappeto da 800 mm).

L'impianto ha previsto anche l'installazione di un frantoio di alimentazione del nastro trasportatore per ridurre la pezzatura del materiale scavato, tramite metodologie operative tradizionali, ed un barcone di trasporto del materiale caricato dal nastro per la sua successiva movimentazione e deposizione in opportune zone del Lago ove è stato allocato





allo scopo di ripascimento e riempimento controllato.

3. Katzenberg (D) – 30.000 m³ di deposito intermedio

A partire dal 2012, quando il tunnel ferroviario a doppia canna di Katzenberg sulla linea AV Basilea-Karlsruhe andrà in esercizio, i treni merci ad alta velocità che attraversano le Alpi dall'Italia verso il cuore industriale della Germania ed il Benelux risparmieranno circa un'ora di viaggio.

La costruzione del tunnel è iniziata nell'Agosto 2003 e terminata nell'ottobre del 2007; il tunnel è lungo 9.385 m di cui 8.984 scavati con una TBM in versione EPB e 401 in "cut and cover"; un complesso impianto di nastri assolve il compito di gestire lo smarino a discarica.

Il sistema di movimentazione del materiale di risulta consiste di 4 parti principali: due nastri trasportatori in galleria di ca. 9 km cadauno (con motorizzazione installata solo al portale, per cui senza alcun

booster lungo la linea di scavo!), un sito di deposito intermedio provvisto di sistema automatico di movimentazione del materiale, un nastro esterno per convogliare il materiale al deposito finale, il tutto completo di sistemi di motorizzazione e di automazione. La quantità to-

totale di materiale da convogliare è stata di 2,7 milioni di tonnellate, con una portata oraria dei nastri in galleria di 900 t ed una capacità del nastro esterno di 1.300 t/h. La potenza installata per ogni nastro in galleria è stata di 1.065 kW per una larghezza del tappeto di 800 mm, mentre il nastro esterno aveva una larghezza pari a 1.000 mm. Il volume del materiale stoc-

cato nel deposito intermedio poteva raggiungere i 30.000 m³; questa installazione intermedia forse rappresenta la più interessante peculiarità dell'intero sistema. Infatti, per vari motivi, l'area di deposito finale, situata a 2,5 km di distanza dal cantiere, poteva venire alimentata solo in orari ben precisi, da qui la necessità di organizzare un capiente deposito intermedio, protetto contro la possibile produzione di polveri e/o dalle acque piovane, da dove il materiale potesse venire sia depositato che estratto in maniera totalmente automatica.

4. Nant de Drance – 10° di pendenza e nastro generativo di elettricità

Per la nuova centrale di pompaggio di Nant de Drance SA nel Vallese (CH), sono state



progettate e sono in fase di realizzazione un tunnel di accesso e diverse caverne. La galleria lunga 5,6 km ha un diametro di 9,40 m e viene scavata tramite una TBM (anch'essa fornita da Marti). Le caverne per le macchine ed i trasformatori vengono realizzate in una seconda fase per mezzo di un sistema di scavo convenzionale.

Il materiale di risulta dell'avanzamento meccanico e di quello convenzionale viene trasportato all'esterno per mezzo di un

5. Alcuni esempi di Cantieri particolari portati a termine in Italia

5.1 Variante di Valico A1 – Galleria di Base

La Variante di Valico costituisce l'alternativa al tratto appenninico dell'Autostrada del Sole Milano-Napoli. Si snoda per 62,5 km tra Sasso Marconi e Barberino del Mugello ed è un intervento prioritario per il miglioramento della viabilità e la riduzione dei tempi di percorrenza tra Bologna e Firenze.

Il nuovo progetto di miglioramento della percorribilità autostradale tra Firenze e Bologna permetterà di superare la dor-



sistema a nastro, dimensionato per una portata di 1.000 t/h, e depositato, nella zona del portale, in una discarica intermedia a mezzo di un sistema di scarico orientabile (un "tripper" assemblato su di uno "stacker"); tale impianto è un tipico esempio di un sistema a nastro "ambizioso".

Da un lato il tracciato comprende curvature di varia difficoltà, alcune a raggio particolarmente stretto.

Per poter garantire la scorrevolezza in tali situazioni e limitare le tensioni sul tappeto, è stato necessario installare un motore di trazione sul back up della TBM, 3 booster intermedi ed un sistema di trazione al portale.

È da notare, chiaramente, che il sistema a nastro viene, durante la fase di scavo via TBM, prolungato continuamente con il progredire della stessa, per cui le forze di trazione sul tappeto continuano ad aumentare con l'avanzamento dello scavo. Inoltre, la galleria presenta una pendenza media del 10,5 %, ne deriva pertanto che il nastro lavora in discesa lungo un dislivello pari a ca. 580 m, situazione che forse rappresenta la vera peculiarità di tale cantiere.

Il sistema presenta una potenza installata pari a 2.170 kW. Se l'impianto viene azionato alla portata prevista, con la massima distanza assiale, il nastro deve essere frenato con una potenza di circa 1.500 kW.

Grazie ad un sistema di alimentazione integrato con la rete elettrica, l'energia di frenatura viene restituita alla rete esistente. Affinché il sistema possa essere frenato anche nel caso di una eventuale mancanza di tensione, l'impianto è stato equipaggiato anche tramite l'installazione di opportuni freni meccanici.

Sono state utilizzate stazioni di supporto del tappeto con angolo pari a 50°; nella parte inferiore del nastro sono state impiegate stazioni di supporto in 2 parti con avvallamento di 30°.

Questa configurazione è stata scelta perché, durante la seconda fase del lavoro, al di sopra della parte inferiore del tappeto occorre trasportare ghiaia dalla zona del portale all'impianto di betonaggio assemblato in caverna. Completa l'intero layout un'installazione automatica di vagliatura e selezione degli inerti di scavo, integrata con un impianto di betonaggio idoneo a produrre i calcestruzzi di alta qualità necessari per i massivi getti previsti in progetto.



sale appenninica ad una quota più bassa del tracciato precedente tramite un percorso ardito ricco di viadotti e gallerie che renderà la nuova autostrada più moderna ed efficiente.

La galleria di base, eseguita dall'Impresa Todini S.p.A. di Roma (PM il Geom. Fe-



lice Rossi), misura complessivamente ca. 8.500 m.

Sono previsti by-pass carrabili, affiancati da by-pass pedonali; il progetto non prevede l'esecuzione di pozzi di aerazione.

È infatti stata sfruttata una discenderia intermedia per l'estrazione dell'aria da scambiare nelle due canne, una sola centrale di ventilazione situata alla testa della discenderia e ventilatori jet di supporto in galleria per casi di traffico con insufficiente effetto pistone. Per inciso l'intero impianto di ventilazione è stato fornito dalla nota Società spagnola Zitron.

Lo scavo è stato generalmente realizzato con l'impiego di esplosivo, con protezione realizzata mediante spritz-beton, ancoraggi e centine di rivestimento; è stato effettuato con il sistema dello sparo controllato, adottando opportuni microritardi ed un adeguato numero di fori di corona, al fine di ridurre l'entità dei fuorisagoma ed il disturbo alla massa rocciosa al contorno dello scavo. L'abbattimento con l'impiego del martellone è stato eseguito nei materiali teneri, in cui, ove previsto dalle sezioni tipo di scavo, sono stati in precedenza effettuati i preconsolidamenti, cioè tutti quegli interventi necessari atti a migliorare le caratteristiche fisico-mecchaniche dei terreni, affinché all'apertura del cavo non si potessero avere riversamenti del materiale nello stesso.

Lo smarino dai fronti della galleria di base, sia lato Bologna che Firenze (canna nord e sud), è stato effettuato utilizzando pale, escavatori, camion e dumper.

Durante la fase di esecuzione della galleria, una volta terminata la costruzione della discenderia intermedia, quando sono stati operativi tutti e quattro i fronti di scavo che procedono dalla discenderia verso Bologna e verso Firenze (nord e sud), è stato attivato un impianto a nastro trasportatore per il convogliamento del materiale scavato in galleria all'area esterna di deposito provvisorio (AD10). È stato infatti necessario limitare l'impatto dei lavori su un ambiente caratterizzato da insediamenti residenziali stabili e di na-



cadute accidentali di materiale, il nastro è protetto tramite una carenatura superiore avente anche la funzione di impedire il sollevamento di polvere lungo il percorso.

Dopo un primo tratto di circa 80 m a mezza costa in corrispondenza del cantiere di imbocco della galleria, il nastro attraversa con una campata aerea di circa 24 m la SP 8, sostenuto da una struttura reticolare che garantisce i franchi di sicurezza per il traffico sottostante.

tura turistica nella stagione estiva.

Il materiale roccioso scavato in galleria (generalmente sparato) è stato recapitato all'impianto di frantumazione, installato all'esterno, dai suddetti quattro fronti di avanzamento, utilizzando dumper gommati. Ridotto in pezzatura idonea, il materiale è stato successivamente convogliato tramite una serie di nastri trasportatori fino all'area di deposito ove è stato collocato un nastro brandeggiante (stacker gommato) in grado di realizzare un cumulo dinamico di elevata capacità, in grado di fare da "polmone" per la gestione dei materiali di risulta dello scavo. Il nastro si sviluppa per circa 1.400 m raggiungendo l'area di deposito temporaneo AD10, azionato da una motorizzazione elettrica alimentata dalla cabina di trasformazione del cantiere. Per evitare

Fino alla p.k. 0+400, costeggia in banchina la strada provinciale lato torrente Gambellato, impostato su fondazioni dirette in calcestruzzo armato. Ove il tracciato lo richiede, quindi per gran parte della tratta, il nastro è stato posizionato a sbalzo, sostenuto da mensole ancorate a micropali in acciaio.

Alla p.k. 0+400 circa, il nastro supera in aerea l'incrocio della SP 8 con la strada comunale del casello autostradale in corrispondenza del ponte sul torrente Gambellato con una campata di circa 36 m. Anche qui sono garantiti i franchi stradali di legge.

Per la tratta finale il percorso segue il tracciato della viabilità di servizio già realizzata e pertanto nell'ambito del cantiere: qui le strutture del nastro sono ancorate direttamente alla pavimentazione stra-



dale, salvo un ulteriore passaggio sopraelevato sopra una pista di cantiere.

L'impianto riveste un carattere temporaneo ed è stato smantellato al termine dei lavori di scavo in galleria, con il conseguente ripristino dei luoghi come allo stato precedente.

Il nastro, fornito e installato dalla Marti Technik, è largo 800 mm con un raggio minimo di curva pari a 215 m; può trasportare 500 tonnellate di materiale ogni ora per una potenza impegnata pari a 450 kW. Ha movimentato più di 1 milione di tonnellate di smarino.

5.2 BBT – La galleria di Base del Brennero

La Galleria di base del Brennero, lunga circa 55 km, sarà composta da due canne principali a singolo binario, collegate da un cunicolo trasversale ogni 333 m, con un interasse compreso tra i 40 e 70 m, a seconda delle condizioni geotecniche dell'ammasso roccioso attraversato, e con una sezione circolare con 4,05 m di raggio.

La velocità di progetto, coerentemente agli standard europei per le linee ad AV, sarà di 250 km/h. A regime, verrà attraversata da almeno 400 treni al giorno, di cui 320 merci.

Il portale Nord della Galleria di base del Brennero sarà ubicato poco prima dell'ingresso nella stazione di Innsbruck, mentre il portale Sud è stato previsto situato all'ingresso della stazione di Fortezza.

Sono stati progettati:

- tre posti multifunzione - Circonvallazione di Innsbruck, Steinach e Prati - interdistanzati di circa 20 km, dotati di fermate d'emergenza per il soccorso dei passeggeri in treni incidentati e di impianti per la gestione dell'esercizio e dei lavori di manutenzione. Tutti i posti multifunzione saranno attrezzati con una galleria carrabile accessibile dall'esterno;

- quattro finestre d'accesso - Ahrental (circa 3 Km), Wolf (circa 3 Km), Vizze (circa 3,8 Km) e Mules (circa 1,7 Km) - che serviranno come cunicoli di accesso per la costruzione del cunicolo esplorativo ed in futuro per la sicurezza del tunnel stesso.

I lavori della Galleria di Base, quando partiranno (si spera a breve), sfrutteranno la caratterizzazione geomeccanica e le informazioni sulle caratteristiche idrogeologiche del tracciato raccolte durante lo scavo del tunnel esplorativo appena brillantemente terminato dalla Seli S.p.A.

La progettazione e la realizzazione della Galleria di Base del Brennero e delle opere propedeutiche al tunnel saranno realizzate da BBT, la società europea partecipata al 50% dall'Italia, dall'Austria con il 25% e dal Land Tirolo con il 25%.

L'investimento complessivo previsto, in base alle stime elaborate nel 2006, è di circa 6.000 milioni di Euro. L'Unione Europea contribuirà per 593 milioni di euro.

5.2.1 Il cunicolo esplorativo di Aica – TBM Seli S.p.A.

A fine 2007 la costruzione del cunicolo esplorativo è stata aggiudicata al consorzio ATB, formato dalle imprese Pizzarotti (38,95%), Condotte (38,95%), SELI (8,55%), Collini (8,55%), Bilfinger Berger (1,60%), Alpine Mayreder (1,60%), Jaeger Bau (0,90%) e Beton und Monier-



bau (0,90%) per un importo di 78,9 milioni di euro e 30 mesi di lavoro.

Il cunicolo ha una lunghezza totale di ca. 10 km dall'imbocco Sud, situato nel comune di Aica, all'asse della camera di smontaggio della TBM, raggiunta dalla finestra laterale di Mules; la copertura massima è pari a 1.400 m.

Il progetto esecutivo ha previsto lo scavo con metodi tradizionali dei primi 150 m del cunicolo, così da superare una prima tratta con materiale di scarsa qualità geomeccanica e creare uno spazio utile per l'assemblaggio della TBM nella sua configurazione minima di funzionamento, vista l'esiguità dello spazio nel piazzale antistante l'imbocco.

Dal punto di vista geomeccanico-progettuale, le caratteristiche salienti dell'opera



sono le seguenti:

- circa il 90% dello scavo ha interessato rocce con qualità geomeccaniche da discrete a buone (Classe II e III secondo Bieniawski);

- approssimativamente il 10% dello scavo ha invece attraversato ammassi rocciosi di qualità peggiore, a tratti molto scadente.

La TBM a doppio scudo è stata progettata, costruita e fornita dalla SELI in versione DSU. È lunga 134 m e pesa 550 tonnellate. La velocità di rotazione della testa è pari a 0-7,3 rpm, mentre la potenza dei motori sulla testa è di 1.960 kW (7 x 280 kW). Il diametro di scavo è pari a 6,3 m ed è stata equipaggiata con 46 cutters da roccia da 17". Ha una capacità di produttiva di 30 m al giorno.

L'avanzamento dello scudo anteriore, a cui è collegata la testa, avviene attraverso

di curvatura: 400 m, 500 m e 1.200 m. Ha una potenza di 800 kW ed è equipaggiato con due "booster drives" che riducono lo stress a cui è soggetto il nastro nelle curve. Sono state trasportate a più di 300.000 t di roccia.

5.2.2. Galleria di accesso di Mules – Attraversamento sopraelevato treno, strade e fiume

La discenderia di Mules è una delle finestre per l'attacco intermedio previste lungo il tracciato del Tunnel di Base del Brennero. È una galleria naturale di lunghezza pari a 1,8 km circa che raggiunge una copertura massima superiore a 1.200 m. La discenderia ha una pendenza dell'8,5% circa, sviluppata a partire dalla quota approssimativa di 870 m s.l.m. all'imbocco, fino all'intersezione con il Tunnel di Base, alla quota indicativa di

720 m s.l.m. L'ammasso roccioso all'interno del quale è stata scavata la finestra è lo stesso del cunicolo di Aica. L'assetto massivo del granito in questo caso non costituisce un vincolo all'avanzamento in quanto lo scavo è stato realizzato con il metodo convenzionale dell'esplosivo. Le lavorazioni sono avvenute sulle 24 ore nell'arco delle quali in genere sono state organizzate due volate da 4 m ciascuna con conseguenti produzioni medie dell'ordine degli 8 m al giorno. La sezione di scavo è stata di 92 m² e la qualità dell'ammasso scavato è stata tale che gli interventi di consolidamento si sono limitati ad azioni puntuali, ovvero alla realizzazione della sezione tipo di scavo e consolidamento più leggera prevista nel progetto esecutivo. Le venute d'acqua riscontrate sono state ampiamente al di sotto di quelle previste.

Nel comune di Campo di Trens, nell'alta Val Isarco, circa 1 km a sud dell'abitato di Mules, è stata predisposta un'area di cantiere; tale zona è servita come base logistica per lo scavo della galleria di accesso di Mules ma avrà un compito ben più importante e severo durante la fase di realizzazione del tunnel di base del Brennero vero e proprio.

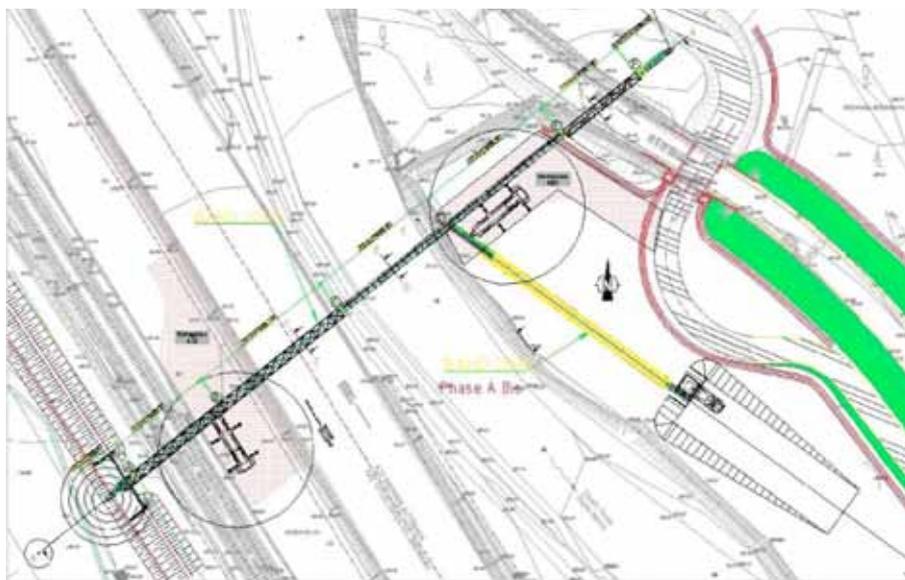
Per il trasporto del materiale lungo la seconda fase del lavoro sarà quindi necessario oltrepassare la strada Statale SS12, l'autostrada del Brennero, la ferrovia ed il fiume. La Marti Technik ha ricevuto l'or-



14 pistoni che possono fornire una spinta massima di 25.000 kN.

Nella zona periferica della testa vengono alloggiati le cosiddette "tazze" per il convogliamento dello smarino. Da qui, il materiale di risulta, graniti e granodiori, viene scaricato nella tramoggia che lo trasferisce su di un nastro trasportatore fornito ed installato da Marti Technik, lungo 10.500 m, largo 800 mm e con una capacità di 450 t/h, che movimentata il materiale al di fuori della galleria sino al cantiere di Hinterrigger, passando tramite un lungo nastro posato a terra ed una galleria eseguita per dare accesso alla zona di gestione dello smarino.

Il nastro trasportatore presenta vari raggi





dine di progettare un impianto veramente particolare, in grado di oltrepassare tutti questi ostacoli in sicurezza e consentire una portata di 300 t/h con una pezzatura massima della grana di 250 mm.

Per raggiungere questi valori si è optato per un nastro EP 630 con una larghezza di 800 mm; la velocità del nastro trasportatore è di 3m/sec.

Il sistema, reversibile, consente il trasporto in entrambe le direzioni.

La struttura portante dell'impianto si compone di elementi reticolari di supporto ed a ponte. La distanza dei piloni di sostegno è stata progettata in funzione della situazione geometrica contingente visto il tipo di attraversamento. L'altezza degli stessi è determinata dalle distanze di sicurezza per i diversi attraversamenti sopraelevati, dall'altezza di scarico e dalle stazioni di trasferimento. I ponti a struttura reticolare sopra la SS12, l'autostrada A22 e la ferrovia del Brennero sono chiusi; lo scatolato impedisce chiaramente la caduta del materiale trasportato e della neve. I ponti a struttura reticolare sopra l'Isarco sono invece del tipo "aperto" standard.

La stazione motorizzata responsabile del funzio-

namento del nastro trasportatore è situata dopo la ferrovia, alla fine del nastro trasportatore che è al contempo il punto di scarico finale. L'altezza di scarico è di oltre 10,00 m.

Un fattore determinante in questo frangente è il rispetto massimo delle misure di sicurezza.

Per la progettazione dell'impianto sono state tenute in considerazione le seguenti distanze di sicurezza:

- strada statale: 6 m
- autostrada: 6 m
- ferrovia: 12 m
- distanza dalla linea aerea: 6 m

Durante il normale funzionamento, la concavità del nastro trasportatore garantisce che il materiale non cada; per una sicurezza ancora maggiore, il nastro trasportatore è stato incassato per tutta la sua lunghezza.



In corrispondenza dei ponti 3 e 4 si è inoltre prevista una copertura ed, in corrispondenza dei ponti 1, 2 e 5, è stato progettato il montaggio in un idoneo scatolare di protezione inferiore; in questo modo si è evitato anche il pericolo di caduta di materiale verso il basso.

I lavori di manutenzione possono essere eseguiti comodamente dalla passerella. Per l'attraversamento della strada statale SS12, dell'Autostrada A22 e della Ferrovia del Brennero, viene data particolare attenzione alla possibile caduta di neve. L'esperienza in precedenti progetti ha insegnato che una struttura chiusa con grondaie laterali è un'ottima soluzione. Il ponte presenta perciò un tetto piano in modo tale che la neve non possa scivolare di lato.

L'acqua prodotta dallo scioglimento della neve viene così raccolta lateralmente da una grondaia posta al di sotto e viene fatta defluire lungo i piloni.

6. L'attraversamento di Firenze del treno AV

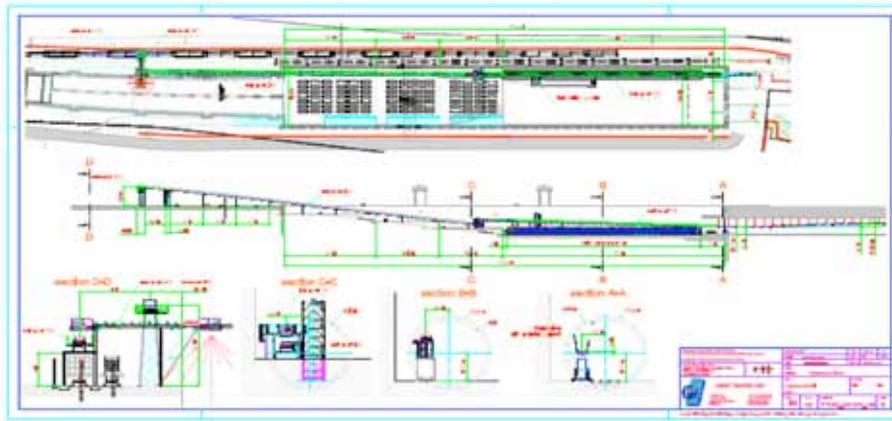
Anche Firenze come Bologna deve venire attraversata dalla linea dorsale ad Alta Velocità; il progetto è faraonico nelle dimensioni e molto difficile nella sua realizzazione. Il lavoro di scavo della galleria è onere ed onore della Seli S.p.A. di Roma; partirà a breve.

Trattasi di una galleria scavata tramite una TBM; la lunghezza del tunnel è pari a ca. 5,6 km. L'intero impianto di cantiere è collocato in una zona urbanizzata dalle dimensioni realmente ristrette; l'ottimizzazione della logistica è stata una delle principali sfide da accettare e vincere.

Il nastro trasportatore presenta le seguenti principali peculiarità:

- portata media: 650 t/h
- portata di punta: 850 t/h
- pezzatura massima: 0-200 mm
- raggio di curvatura in galleria: $R_1 = 306$ m ed $R_2 = 480$ m.

Il sistema prevede un nastro inclinato per l'estrazione dal pozzo di lancio della TBM,



avente ca. 150 m di lunghezza, ed un sistema automatico di carico del convoglio ferroviario presente in attesa, in grado di posizionarsi sui vagoni o di scaricare in una buca di attesa.

Questa è forse la principale peculiarità di tale sistema; infatti, in questo caso il materiale di risulta viene direttamente caricato su vagoni e trasportato lungo la linea della Rete Ferroviaria Italiana sino ad una opportuna zona di scarica. Per far fronte alle curve impegnative del tracciato in galleria sono stati previsti 2 booster e 2 stazioni motrici una in coda al back up ed una al portale della galleria.

7. A1 FI-BO – la TBM più grande del mondo e lo smarino... dall'Autostrada

A breve (luglio 2011) la Toto Costruzioni S.p.A. incomincerà la sua avventura nello scavo della galleria Sparvo (Lotti 6 e 7) con una TBM, in versione EPB, del diametro record di 15,6 m.

Tutto il materiale di risulta prodotto da tale "mostro" viene raccolto all'uscita del portale della galleria e veicolato tramite un sistema integrato Marti avente diverse peculiarità degne di nota.

Il materiale scavato dalla fresa

è formato da arenaria di differente consistenza ed argille; è chiaro pertanto che la tipologia di smarino non è uniforme ed assume vari comportamenti lungo l'intero processo, dalla movimentazione in linea alla disidratazione per la messa a parco, a causa dell'umidità congenita, delle condizioni atmosferiche e dell'uso di schiume e condizionatori vari.

Il progetto è quindi relativo alla movimen-

tazione del materiale di risulta dallo scavo delle 2 gallerie Sparvo sino all'Area Badia Nuova (ove era installato il campo principale di Todini per la realizzazione della galleria di Base).

In questa fase il materiale viene veicolato per ca. 1,6 km, con una capacità di 1.200 t/h, lungo i nuovi viadotti in precedenza realizzati, e depositato tramite uno speciale "tripper", lungo 315 m, nell'area di stoccaggio.

Da qui, dopo una fase di selezione e stoccaggio per coadiuvare le reazioni atte ad una corretta disidratazione, il materiale viene caricato su camion e trasportato nell'Area di Deposito AD5.

A tale area si accede tramite un sistema integrato dal corpo Autostradale; questo prevede:

- lo scarico dei mezzi di trasporto all'interno di una tramoggia da 30 m³ di capacità,
- l'estrazione del materiale tramite un opportuno alimentatore,
- il trasporto in discesa del materiale per una lunghezza fissa di ca. 500 m (si tratta di uno speciale nastro generatore di corrente elettrica interagente con la rete locale)
- la distribuzione dello stesso a deposito definitivo lungo un'ampia area appositamente dedicata tramite un nastro estendibile avente una lunghezza di ca. 550 m
- uno speciale "staker" telescopico cingolato.



8. Jinping II – il più ardito progetto di nastri trasportatori realizzato al mondo

Il fiume Yalong, uno dei principali affluenti dello Yangtze, è situato a SW della provincia dello Sichuan. Si sviluppa per ca. 1.600 km, con un dislivello di 2.800 m, lungo varie gole molto profonde; ben 21 impianti idroelettrici producono energia



lela agli altri condotti. 3 TBM e 2 fronti attrezzati in D&B producono ca. 20 milioni di t di materiale di risulta che devono essere movimentati e gestiti. Lo smaltimento del materiale di risulta lungo le gallerie in fase di scavo sino a discarica avviene tramite nastri trasportatori; il tracciato dell'intero sistema è a dir poco spettacolare.

La potenza del nastro dietro TBM, ad esempio quella dell'adit n. 3, ammonta a 2.800 kW, con un output di 1.800 t/h; rappresenta probabilmente una delle installazioni più perfor-

manti mai realizzate al mondo, dovendo il sistema garantire una produttività di scavo della TBM pari a 600 m al mese. Il sistema a nastro esterno rappresenta però la peculiarità dell'intero sistema; effettua il trasporto del materiale scavato dalla zona del portale alla discarica terminale ed ha una lunghezza di ca. 6.200 m. La portata totale è stata fissata in 5.600 t/h; inoltre deve essere possibile il trasporto in senso inverso di inerti per la realizzazione dei calcestruzzi di rivestimento, con portata pari a 600 t/h.

La parte in eccedenza di smarino viene utilizzata per il riempimento di una vallata laterale, ad un'altezza di ca. 300 m e per una lunghezza di ca. 1 km.

Per questo impianto la sfida era costituita dal terreno impervio, dalla necessità di interagire non solo con la "natura selvaggia" ma anche con un insediamento costruito per alloggiare le maestranze (una specie di piccola città) unito all'elevata portata ed all'obbligo di lavorare senza comandi intermedi.

La soluzione progettuale finale è stata quella di costruire due nastri, disposti l'uno al di sopra dell'altro, con portata di 2.800 t/h ciascuno; è stato quindi possibile garantire una sorta di ridondanza all'intero sistema. Il trasporto di ritorno della ghiaia avviene lungo la parte inferiore del tappeto del nastro inferiore.

All'interno delle gallerie l'intera struttura è stata sospesa alla volta a causa di una chiara richiesta progettuale che non pre-

sfruttando questa grande massa di acqua.

La Società Ertan Hydropower Development Company Ltd. è il gestore responsabile della realizzazione delle 2 installazioni di Jinping I e II.

La centrale di Jinping II sfrutterà un tratto tortuoso dello Yalong, lungo ben 120 km, generando 4.800 MW.

L'intero impianto è stato progettato in sottosuolo, sala macchine compresa, prevedendo la realizzazione di 4 gallerie in pressione della lunghezza di ca. 17 km, aventi un diametro pari a ca. 12,4 m; è stata prevista anche una galleria di drenaggio (sono formazioni a forte carsismo) avente 6 m di diametro, che corre paral-



vedeva di lasciare installazioni fisse a terra, al fine di lasciare la platea interamente libera per il passaggio dei mezzi e per le vie di corsa dei convogli ferroviari. Il nastro superiore ha una potenza di 1.600 kW, quello inferiore una potenza di 2.400 kW. Per ridurre le forze massime di trazione del tappeto, sono stati montati sia motori anteriori che posteriori. Sulla base dei calcoli, in funzione delle elevate portate e delle dimensioni del tappeto (1,2 m), è stato fissato a 1.200 m il raggio minimo di curvatura orizzontale, con un gradiente di pendenza massimo pari a 14° (25%), creando non pochi problemi al tracciato. Per realizzare, sul terreno ripido e montuoso, un tracciato compatibile con l'impianto, il sistema a nastro è stato fondamentalmente sopraelevato. Per lo più sono stati impiegati ponti con campata di 48 m. In aggiunta, è stato ne-

cessario creare 4 ponti con campate tra 62 e 200 m ed una breve galleria per evitare un tracciato particolarmente tortuoso. Due dei ponti sono stati realizzati inversione sospesa a causa dell'ampiezza delle rispettive campate. L'intera installazione è stata completata da vari sistemi integrati costituita da vari elementi quali torri di trasferimento, nastri intermedi, impianti di gestione degli aggregati per il calcestruzzo comprensivi di volumi di stoccaggio intermedi posti a 60 m di altezza... Un impianto di queste dimensioni con un tracciato di questo tipo è piuttosto inconsueto per le condizioni europee, ciò nonostante, la Marti Technik ha accettato la sfida ed ha realizzato con successo la pianificazione, la fornitura ed il montaggio unitamente ai necessari lavori costruttivi, sia dei nastri posizionati all'interno delle gallerie (dietro TBM) che di tutti

quelli esterni. Tra l'altro, la Marti Technik ha assunto anche la consulenza ed il supporto specialistico per la gestione dell'impianto. Il sistema è in funzione dal 2009 ed è previsto che concluda il suo lavoro a fine del 2013. ■

Bibliografia

Bringiotti M., *Frantoi & Vagli: trattato sulla tecnologia delle macchine per la riduzione e classificazione delle rocce*, Edizioni PEI, Febbraio 2002

Bringiotti M., Duchateau JB, Nicastro D., Scherwey PA, *Sistemi di smarino via nastro trasportatore - La Marti Technik in Italia e nel progetto del Brennero*, Convegno "Le gallerie stradali ed autostradali - Innovazione e tradizione", SIG, Società Italiana Gallerie, Bolzano, Viatic, 05/03/2009

Bringiotti M., Parodi GP, Nicastro D., *Sistemi di smarino via nastro trasportatore*, Strade & Autostrade, Edicem, Milano, Febbraio 2010

Bringiotti M., Rufer P., *La gestione del materiale di risulta tramite impianti di trasporto su nastro: la Marti Technik ed alcune speciali applicazioni in contesti ambientali particolari e complessi*, Convegno "Terre e rocce da scavo nelle opere in sottoterraneo: problematiche tecniche di scavo e giuridico amministrativo di smaltimento", SIG - Società Italiana Gallerie, Verona, Samoter, 2-3 Marzo 2011

Bringiotti M., *Geotecnica e Macchine da perforazione*, Edizioni PEI, Parma, Italy, Ottobre 2010

Young J., *Hong Kong flood relief*, Tunnels & Tunnelling International, April 2010

Portner C., *Belt conveyor installations for Jinping II Hydro-power station in China*, Tunnel, March 2009

