

Raddoppio della linea ferroviaria Messina–Palermo

# Lo scavo della galleria Monte Poggio Maria

CARLO IMPROTA\*, ANGELO DI SALVO\*\*

La ferrovia Palermo–Messina è una delle due direttrici ferroviarie principali della Sicilia settentrionale e collega le due importanti città di Palermo e Messina. I principali centri toccati sono Bagheria, Termini Imerese, Cefalù, Sant'Agata di Militello, Capo d'Orlando, Patti, Barcellona e Milazzo. La linea è a doppio binario per circa 107 km mentre, il restante percorso è ancora a binario unico.

L'origine della ferrovia è stata piuttosto tardiva rispetto ad altre linee isolane; il primo tratto, aperto nel 1863, partiva da Palermo e con un percorso di 13 km giungeva a Bagheria.

Nel 1895, con l'attivazione della tratta di 49 km tra Capo d'Orlando e Tusa venne stabilito l'esercizio della intera linea, con trazione a vapore, come peraltro era avvenuto su tutta la rete siciliana. Da allora il tracciato ha subito pochi cambiamenti fin quasi alla fine del XX secolo.

La seconda guerra mondiale causò gravi danni alla linea in seguito all'avanzata degli alleati verso Messina.

Tra il 1951 e il 1955 si ebbe l'elettrificazione della linea a cui fece seguito il raddoppio tra Palermo e Fiumetorto.

La linea Palermo–Messina è una linea



La galleria Monte Poggio Maria, che si sviluppa per circa 4 km all'interno della tratta Fiumetorto–Ogliastrillo, è stata affidata da R.F.I al Contraente Generale costituito dalla ATI tra le Società Maire Lavori Scarl, in qualità di Mandataria (a cui poi è subentrata la Tecnimont Spa) e B.T.P. Spa. La costruzione della Galleria Monte Poggio Maria è stata affidata dal Contraente Generale al Consorzio Stabile Italtunnel Scarl

\* RESPONSABILE COMMESSA

\*\* DIRETTORE DI CANTIERE



- lunghezza: 223,764 km in totale Palermo Centrale–Messina Centrale;
- pendenze massime: 11 per mille;
- raggio minimo di curvatura: 400 m;
- grado di prestazione: 11;
- velocità massima: 180 km/h.

## L'opera

La galleria Monte Poggio Maria si sviluppa all'interno della tratta Fiumetorto–Ogliastrillo, tra il km 58+396 (lato Palermo) e il km 62+146 (lato Messina) per complessivi 3.750 m (al netto delle gallerie artificiali).

Tale galleria è a canna unica, a doppio binario e sezione policentrica.

Oltre alla galleria di linea è prevista la realizzazione di una finestra d'accesso carababile, dello sviluppo di 290 m con pendenza media del 12% circa, che incontra la galleria di linea tra le progressive km 59+986 e 60+002. Tale finestra è funzionale sia alla fase realizzativa che all'esercizio, svolgendo rispettivamente il compito di raddoppiare (da n° 2 a n° 4) il numero dei fronti di avanzamento e di via di esodo/accesso per eventuali squadre di soccorso.

L'imbocco lato Palermo è situato su un versante moderatamente acclive prospiciente la piana di Lascari.

Procedendo verso Messina la galleria attraversa per un primo tratto di circa 1.300 m un territorio subpianeggiante con copertura media di circa

25 m, a tratti debolmente urbanizzato, un secondo tratto centrale di circa 1.500 m con coperture che raggiungono rapidamente il valore massimo di 255 m e un terzo tratto finale con coperture variabili da 6 a 50 m circa, dove la morfologia del terreno è poco acclive e l'urbanizzazione è più significativa che altrove.

L'imbocco lato Messina è ubicato in un'area subpianeggiante attra-

piuttosto trafficata: coesistono treni regionali, Espressi ed Intercity, ma la maggior parte dei tratti sono a binario semplice, secondo questo schema:

- Palermo–Fiumetorto: 43,19 km a doppio binario
- Fiumetorto–Castelbuono: 32,21 km a binario semplice (lavori in corso)
- Castelbuono–Patti: 86,91 km a binario semplice (in progetto)
- Patti–Novara–Montalbano–Furnari: 16 km a binario semplice
- Patti–Messina: 61,42 km a doppio binario.

La ferrovia è costruita lungo la costa seguendo il contorno in modo tale che per raddoppiarlabisogna spesso ricostruire integralmente il tracciato o il secondo binario distaccato dal primo.

Il raddoppio dell'intera linea è un intervento necessario e molto importante, dal momento che si tratta della principale ferrovia della Sicilia.

I lavori di raddoppio nella tratta Cefalù–Fiumetorto sono iniziati il 15 settembre 2008 men-

tre quelli della tratta Castelbuono–Cefalù sono in corso di appalto.

Con la ricostruzione in variante della ferrovia tra Fiumetorto e Castelbuono, la stazione di Cefalù viene realizzata come fermata in sotterraneo con collegamenti tecnologici di trasporto delle persone fino alla attuale piazza della stazione.

La linea conta un discreto traffico passeggeri, a carattere per lo più pendolare e un certo traffico merci; questo aveva in parte origine dallo stabilimento Fiat di Termini Imerese ma con la progressiva smobilitazione dello stesso è di molto calato.

Alcune caratteristiche salienti:



versata da diversi solchi erosivi.

A partire dall'imbocco lato Palermo il tracciato presenta pendenze trasversali dapprima a salire del valore 7.7‰ e successivamente a scendere del valore del 2.6‰.

## L'inquadramento geologico della galleria

### Unità del substrato lapideo

L'area oggetto dell'intervento si colloca nel settore settentrionale della Sicilia ed attraversa l'unità formazionale costituita dal Flysch di Reitano (Oligocene-Miocene inferiore) appartenente alle unità allocitone settentrionali conosciute in letteratura come "Sicilidi". Soltanto nel settore terminale dell'opera il Flysch di Reitano viene in contatto tramite sovrascorrimento con il Flysch Numidico (Oligocene sup. - Miocene inf.).

a) Il Flysch di Reitano è una formazione torbiditica presente in tre distinte classi litologiche:

- 1) arenarie quarzose (FR), presenti nel settore centrale della galleria;
- 2) arenarie alternate ad argilliti (Fra), presenti su entrambi i lati esterni della galleria;
- 3) marne brecce ed arenarie (FRb), presenti solo sul lato Palermo.

b) Il Flysch Numidico, che consta di torbiditi terrigeni costituite da un'alternanza di argilliti siltose e di quarzareniti, viene attraversato in un tratto limitato in corrispondenza dell'artificiale lato Messina.

c) Fascia di alterazione del substrato roccioso: trattasi di una fascia di alterazione dell'ammasso roccioso sottostante costituita da alternanza di argilliti-marne e di arenarie.

### Depositi del quaternario

Trattasi di alternanze di argille limose sabbiose, sabbie e ghiaie che vengono ad interagire con la galleria su entrambi gli imbocchi.

Nel tratto in artificiale, presso l'imbocco lato Palermo, lo scavo passa da terreni

alluvionali costituiti da sabbie ocre a un substrato alterato costituito da argilliti appartenenti alla formazione di reitano (FRb). Nella zona della galleria naturale per circa 800 m, il cavo attraverserà materiali lapidei appartenenti al Flysch di Reitano in facies pelitica (FRa, FRb), solo in prossimità dell'imbocco Palermo è possibile l'interferenza in calotta dello scavo con le argille dei terrazzi marini. Questa prima parte della galleria presenta coperture di ordine compreso tra i 15 ed i 30 m.

A partire dalla Pk 59+260 circa fino alla Pk 61+830 circa, lo scavo interesserà la formazione del Flysch di Reitano, in facies arenaceo-quarzoartenitica. La copertura nel tratto centrale della galleria aumenta progressivamente, passando da poco meno di 30 m fino ad un massimo di 257 m.

A partire dalla Pk 61+900, la galleria naturale fino all'imbocco lato Messina alla PK 62+146 attraversa il Flysch di Reitano in facies pelitica (FRa), fine al termine della galleria naturale. Il Flysch di Reitano prosegue lungo alla galleria strutturale fino al contatto strutturale con il Flysch Numidico intorno alla Pk 62+350.

## L'approccio progettuale: il metodo ADECO-RS

L'approccio progettuale delle gallerie è basato sul metodo ADECO-RS (P. Lunnardi, 1994 - 1996), che ha come obiettivo il controllo della risposta deformativa dell'ammasso allo scavo della galleria.

Per una sua descrizione dettagliata si rimanda alla vasta bibliografia disponibile. In questa sede si vuole sottolineare una delle peculiarità di tale metodo, che fornisce supporto non solo durante le fasi di progettazione vera e propria (fase conoscitiva, fase di diagnosi, fase di terapia) ma anche durante la realizzazione dei lavori, nel corso della fase di controllo.

Infatti, in questa fase viene eseguita un'accurata interpretazione dei dati registrati dal sistema di monitoraggio e controllo progressivamente installato lungo lo scavo della galleria in corrispondenza di apposite sezioni individuate in fase di progetto. A seguito di tale analisi si può operare un adeguamento dei sistemi di stabilizzazione e di avanzamento previsti, pur nel rispetto delle previsioni di progetto. In tal senso è quindi possibile interpretare al meglio le indicazioni contenute





criteri di scelta ed applicazione delle sezioni tipo per ottimizzare la loro distribuzione in funzione del comportamento del contesto geologico, cioè della risposta deformativa, a tutto vantaggio della regolarità dell'avanzamento.

## Sezioni tipo

Lo scavo a foro cieco è previsto a intera sezione e l'abbattimento del fronte è eseguito con escavazione meccanica o mediante l'uso di esplosivo; l'area della sezione di scavo è pari, mediamente, a 110 m<sup>2</sup> e ciò ha richiesto una particolare attenzione sia nel dimensionamento dei rivestimenti di prima e seconda fase, sia nella scelta delle modalità esecutive, soprattutto per quanto attiene le

nelle Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo in galleria naturale a corredo del progetto.

In tale documento, infatti, sono fornite le metodologie di applicazione delle se-

zioni tipo e le loro relative variabilità lungo il profilo longitudinale delle gallerie ma, grazie alle valenze del metodo progettuale adottato con la sua fase di controllo, è possibile fornire, in corso d'opera, dei

definitivo nei suoi vari componenti (murette, arco rovescio, calotta e piedritti), dal fronte. La sezione trasversale tipo della galleria naturale è riportata in figura 1.

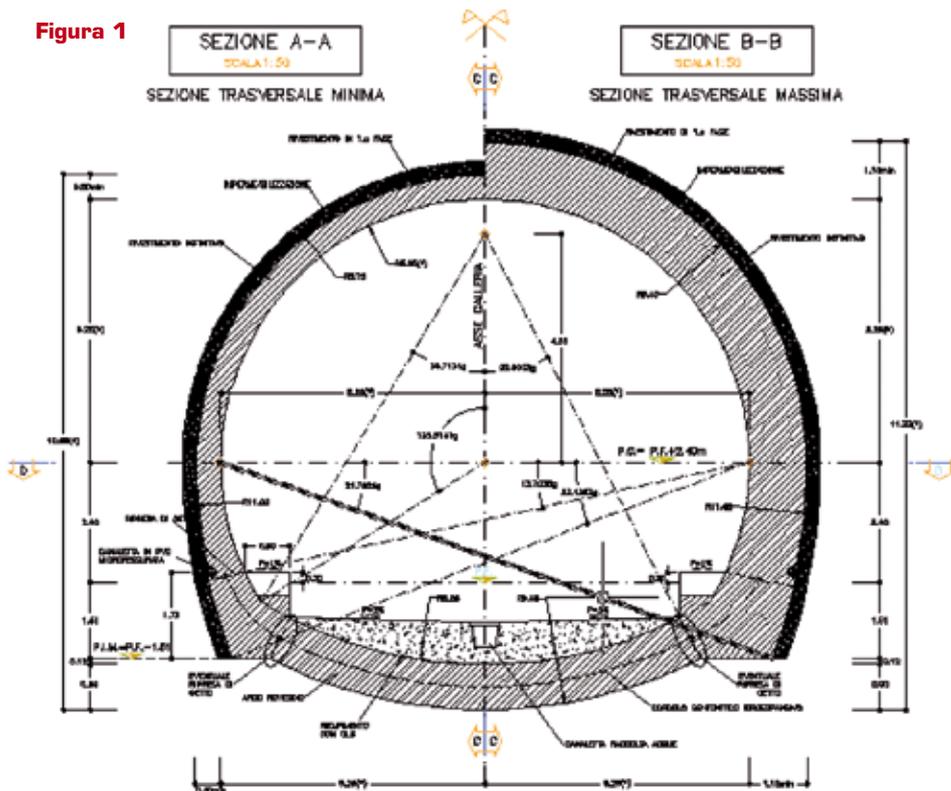
La tipologia e l'intensità dei trattamenti da porre in opera al fronte di scavo sono stati calibrati sulla base dell'analisi tensio-deformativa del fronte stesso, in dipendenza della relativa classe di comportamento attesa.

Sulla base di tale analisi sono state progettate tre sezioni tipo: A, B e C.

**La sezione tipo A** è caratterizzata dall'assenza di qualunque tipologia di pre-consolidamento, sia al fronte che in calotta, e dall'assenza di armature nel rivestimento definitivo: per tale motivo l'area della sua sezione di scavo è costante. Questa sezione è prevista per la maggior parte delle situazioni geologiche e geomeccaniche riscontrabili nella facies arenacea FR del Flysch di Reitano. Caratteristiche principali dell'ammasso a cui può essere applicata questa sezione sono, in particolare:

- la prevalenza delle arenarie sulle frazioni pelitiche (marna e argilliti), con rapporto arenarie/peliti non inferiore a 65/35;

Figura 1



- assenza nella frazione pelitica di intervalli di argilliti fogliettate o scagliose di spessore metrico;
- Indice GSI 30-42;
- assetto geostrutturale stratificato, con banchi di arenarie massive o strati di potenza pluridecimetrica nelle arenarie e decimetrica o centimetrica nelle marne, assenza nella frazione pelitica di intervalli di argilliti fogliettate o scagliose di spessore metrico;
- grado di fratturazione basso o medio con volumi unitari stimati compresi tra 50 e 10 dm<sup>3</sup>;
- fratture persistenti con giunti da chiusi a serrati poco aperti, riempimento assente o compatto < 5 mm; geometria delle discontinuità dell'ammasso roccioso neutre;
- assenza di elementi di disturbo di natura tettonica (pieghe, faglie) rilevabili alla scala del fronte;
- copertura > 50 m.

Tali condizioni sono possibili nel settore centrale della galleria costituito da quarzareniti e quarzosiltiti con coperture maggiori di 25 m. In questo caso la categoria di comportamento allo scavo è di tipo A "a fronte stabile", con fenomeni deformativi al fronte assenti, e convergenze ridotte (20-30 mm).

**La sezione tipo B** è caratterizzata dall'adozione di preconsolidamenti sia al fronte, da eseguirsi con tubi in VTR, sia in calotta, da realizzarsi invece con tubi metallici valvolati, cementati in foro, dai quali si eseguiranno iniezioni di seconda fase dalle valvole, al fine di realizzare una coronella di terreno consolidato in calotta. A causa della presenza di questa tipologia di consolidamento in calotta, la sezione di scavo è variabile da un minimo di 6 m a un max di 12 m. La sezione tipo B viene impiegata nella facies arenacea FR del Flysch di Reitano per coperture fino a 100 metri e nelle facies pelitiche FRa e FRb per coperture inferiori ai 25 m. La sezione tipo B è destinata ad un ammasso roccioso con un elevato grado di fratturazione con elementi decimetrici e caratterizzato da un alternanza di livelli pelitico-marnosi e arenacei, la sua appli-

cazione viene esclusa in fronti totalmente pelitici. La presenza di elementi metallici in avanzamento a protezione dello scavo permette il suo utilizzo anche in fronti intensamente fratturati. Caratteristiche principali dell'ammasso sono, in particolare:

- la prevalenza delle arenarie sulle frazioni pelitiche (marne e argilliti), con rapporto A/P arenarie/peliti compreso tra 70/30 e 20/80;
- Indice GSI compreso tra 25 e 30;
- assetto geostrutturale ben stratificato, con banchi di potenza da decimetrica a pluridecimetrica sia nelle arenarie che nelle peliti, presenza nella frazione pelitica di argilliti fogliettate o scagliose;
- grado di fratturazione elevato, V.R.U. < 5-10 dm<sup>3</sup>;
- fratture persistenti con giunti aperti; riempimento costituito da materiale da compatto a argilloso anche > 5 mm;
- presenza di strutture tettoniche (pieghe e faglie) rilevabili alla scala del fronte;
- eventuale presenza di locali e deboli venute d'acqua puntuali.

Si ha in tal caso un comportamento allo scavo di tipo B "a fronte stabile a breve termine", fenomeni deformativi al fronte non trascurabili e convergenze attese tra 10 e 20-30 mm.

Gli interventi previsti consentono il controllo del comportamento deformativo, ad evitare che si verifichino eventi di instabilità a lungo termine.

**La sezione tipo C** si contraddistingue per l'adozione di un preconsolidamento del fronte e in calotta da eseguirsi con tubi in VTR rispettivamente iniettati con miscele cementizie e con miscele espansive; in questo caso si prevede armatura nel rivestimento definitivo e la sezione di scavo è cilindrica.

L'applicazione di questa sezione riguarda le facies pelitiche FRa e FRb del Flysch di Reitano con coperture inferiori ai 25 m. La sezione C2 è prevista in quelle situazioni caratterizzate dalla componente pelitica nettamente prevalente. Le caratteristiche principali dell'ammasso sono:

- la prevalenza delle frazioni pelitiche (argilliti e marne argillose) sulle arenarie, con rapporto arenarie/peliti sensibilmente a favore delle seconde, fino ad interessare l'intero fronte di scavo, rapporto A/P < 40/60;
- indice GSI 20-25;
- assetto geostrutturale generalmente sottilmente stratificato, con strati arenacei decimetrici intercalati nella successione pelitico-marnosa, presenza nella frazione pelitica di argilliti fogliettate o scagliose;





l'ammasso pelitico risulta intensamente fratturato e tettonizzato, in presenza di materiale disgregato dalla fratturazione e di eventuali venute d'acqua. Si ha in tal caso un comportamento dell'ammasso allo scavo di tipo C, "a fronte instabile", caratterizzato nel caso in esame da collassi e rotture già al fronte (convergenze attese da 10 mm a 50 mm). La realizzazione di un arco di terreno consolidato al contorno della sezione e di un preconsolidamento del fronte, consente di contenere l'ammasso prima del sopraggiungere degli scavi, controllandone le deformazioni sia al fronte che al contorno, condizione necessaria per contenere il progressivo decadimento dei parametri geomeccanici. Per ciascuna sezione tipo si prevede la messa in opera eventuale di dreni in tubi micro fessurati in PVC da 30,00 m: la loro adozione dovrà essere stabilita di volta in volta secondo la presenza e la portata di eventuali venute di acqua. Le sezioni TIPO previste, in sede di progettazione, per la galleria Monte Poggio Maria, vengono sintetizzate nella tabella sottostante.

- grado di fratturazione medio o elevato con volumi unitari prevalentemente decimetrici V.R.U. < 5 dm<sup>3</sup>;
  - fratture persistenti con giunti da moderatamente aperti ad aperti;
  - riempimento argilloso > 5 mm, superficiali lisce talora granitiche;
  - presenza di strutture tettoniche (pieghe e faglie) estese alla scala del fronte;
  - eventuale presenza di venute d'acqua puntuali.
- Questa sezione è prevista nelle zone dove

FIUMETORTO-CEFALU'- GALLERIA MONTE POGGIO MARIA - SEZIONI TIPO PREVALENTI											
TIPO	I fase				CONSOLIDAMENTO FRONTE	CONSOLIDAMENTO CONTORNO	CONSOLIDAMENTO PIEDE CENTINA	II fase			
	CENTINE	SB		BULLONI				CALOTTA	ARCOROVESCO	Rok [MPa]	R <sub>20</sub>
		sp [cm]	Rok [MPa]								
A0-1	-	20	25	N°13/14, tipo mid-swell, L=4.5 m, i <sub>1</sub> =1.2 m, i <sub>2</sub> =1.2 m	-	-	-	60min	70	30	
A0-2	-	20	25	N°13/14, φ24, L=6.0 m, i <sub>1</sub> =1.2 m, i <sub>2</sub> =1.2 m	-	-	-	60min	70	30	
A1-1	2IPN 180/1.40 m	20	25	-	-	-	-	60min	70	30	
A1-2	2IPN 180/1.50 m	15	25	-	-	-	-	60min	70	30	
A2	2IPN 180/1.20 m	20	25	N°14/15, φ24, L=6.0 m, L=1.2 m	-	-	-	70min	80	30	
B0V	2IPN 180/1.20 m	25	25	-	-	N°33 tubi metavalvolat, φ 27/sp=10 mm, L=15.0 m, Sovr.=3.0 m	-	115/50	90	30	
B1	2IPN 180/1.0 m	25	25	-	N°30 VTR, L=15.0 m, Sovr.=6.0 m	N°33 tubi metavalvolat, φ 27/sp=10 mm, L=12.0 m, Sovr.=3.0 m	-	115/50	90	30	
B2	2IPN 180/1.0 m	25	25	-	N°50 VTR, L=20.0 m, Sovr.=8.0 m	-	-	80min	90	30	
B2p	2IPN 180/1.0 m	25	25	-	N°50 VTR, L=20.0 m, Sovr.=8.0 m	-	-	80min	90	30	
C1ter	2IPN 220/1.0 m	25	25	-	N°30 VTR, L=18.0 m, Sovr.9.0 m	N°33 tubi metavalvolat, φ 27/sp=10 mm, L=14.0 m, Sovr.=5.0 m	-	115/50	90	30	
C2	2IPN 180/1.0 m	30	25	-	N°30 VTR, L=20.0 m, Sovr.=10.0 m	N°51 VTR, L=16.0 m, Sovr.=6.0 m	N°5+5 VTR, L=12.0 m	90min	100	30	

## Criticità

### Interferenze con l'autostrada Palermo-Messina

Le criticità principali nella realizzazione di quest'opera sono le interferenze con le sovrastrutture esistenti. Sia nel settore lato Palermo che in quello lato Messina è previsto il sottopasso dell'autostrada Palermo-Messina esistente per delle tratte estese rispettivamente di circa 200 m con coperture di 20-24 m e di circa 110 m con copertura minima di 7 m.

### Interferenze idrauliche

Una ulteriore criticità è costituita dalle interferenze idrauliche con due corsi d'acqua costituite dalla sistemazione del Rio Lato con protesi costituita da terreno stabilizzato intorno alla progressiva 58+480 - 58+530 e dalla deviazione provvisoria del Rio Salaverde in prossimità dell'imbocco Naturale lato Messina intorno alla progressiva 62+150.

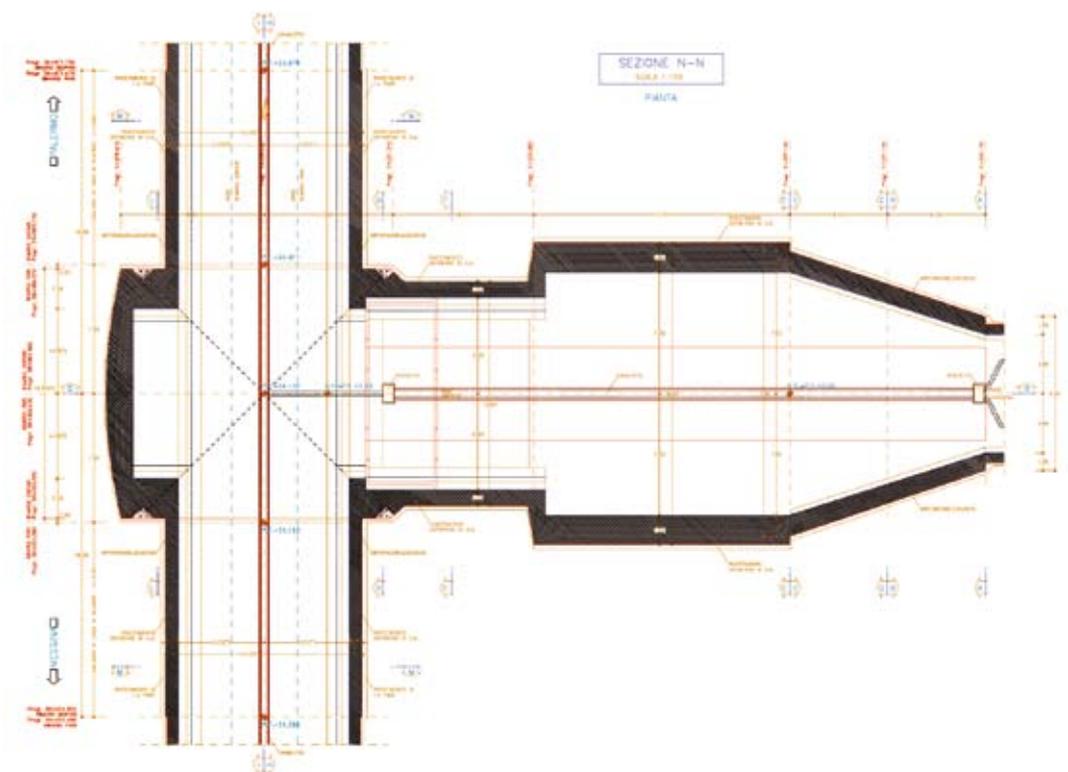
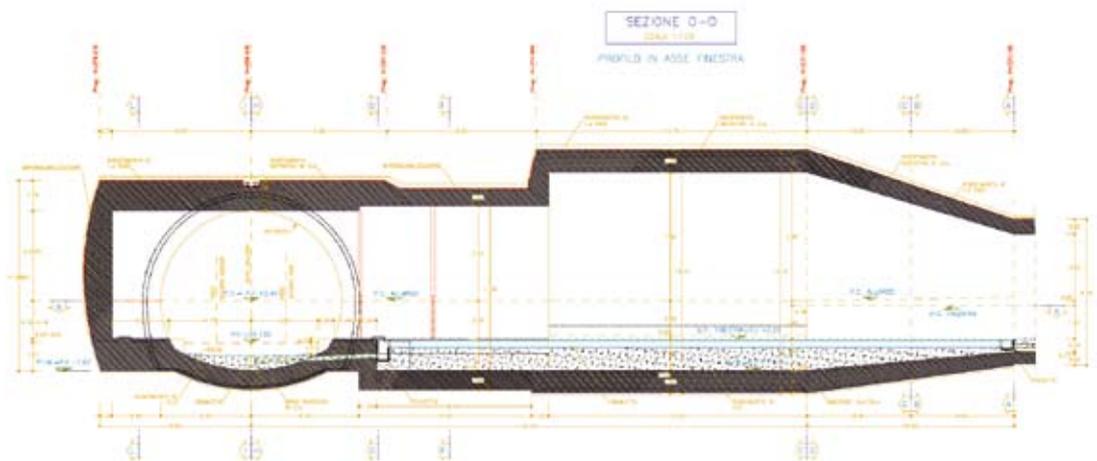
### Innesto galleria di linea-finestra

L'innesto fra la Finestra di accesso intermedio e la galleria Monte Poggio Maria inizia alla Progr. 0+237, interessa le rocce appartenenti al Flysch di Reitano e prevede inizialmente la realizzazione di un allargamento a sezione variabile fino alla Progr. 0+249, per una lunghezza di 12 m. Successivamente è prevista la realizzazione di una zona di manovra, fino alla Progr. 0+264, per una lunghezza pari a 15.70 m e una larghezza utile di 15 m, misurata alla quota di progetto. Vi è quindi la zona finale di transizione tra la zona di allargamento e l'innesto

vero e proprio, tra le progressive 0+264 e 0+273, in cui viene realizzato un tratto a sezione costante, di dimensione inferiore rispetto alla zona di manovra, fino alla progressiva 0+273. Successivamente viene eseguita la volta a crociera di innesto e i tratti di allargamento lungo la galleria di linea fino alla Progr. 59+974 lato Palermo e fino alla Progr. 60+014 lato Messina. È prevista inoltre una zona sfondata fino alla Progr. 0+290 necessaria per permettere l'alloggiamento del nicchione. Si riportano qui sotto due schemi di sintesi della zona di innesto.

## Le modalità esecutive e l'organizzazione del cantiere

Lo scavo a foro cieco sta avvenendo ad intera sezione e l'abbattimento del fronte è eseguito sia con escavazione meccanica sia con l'uso dell'esplosivo: a tale scopo, l'Impresa appaltatrice sta utilizzando per l'escavazione meccanica n° 4 escavatori cingolati da 400 q.li (n° 1 Fiat Hitachi EX 455, n° 2 Fiat Hitachi FH 470, n° 1 New Holland 385) dotati di appositi attacchi che consentono l'equipaggiamento alternativo dei vari accessori



utilizzati, quali martelloni idraulici, ripper (utilizzato in presenza di materiale argilloso) e la pinza idraulica quando il mezzo è utilizzato come posa centine. Sono previsti ulteriori n° 3 escavatori per le attività diverse dallo scavo.

Lo scavo mediante esplosivo prevede, in primo luogo, la realizzazione di un certo numero di fori da mina all'interno del fronte di scavo da abbattere. Tali fori vengono, di norma, realizzati utilizzando jumbo (Tamrock 306G, 316G) che ospitano una serie di perforatrici provviste di "fioretti". Nei fori così realizzati vengono inserite le mine, il cui insieme costituisce la cosiddetta "volata". Le stesse mine vengono fatte brillare in fasi successive distanziate fra loro di pochi millisecondi. La lunghezza dei fori da mina e la quantità di esplosivo utilizzata sono direttamente proporzionali alla qualità geomeccanica del terreno da scavare.

Per il carico dello smarino si utilizzano n° 1 pala gommata CAT 966 e n° 1 pala gommata Hitachi tipo ZW250, mentre il trasporto dello stesso avviene con n° 6 motrici quattro assi (Astra, Iveco e Mercedes).

Le perforazioni per la esecuzione dei preconsolidamenti al fronte ed in calotta sono

eseguite con n° 1 posizionatore Casa-grande PG185 monobraccio, per ciascuno imbocco e n° 1 per la finestra TJ 140, bibraccio, ad azionamento idraulico.

L'impermeabilizzazione della galleria, per tutte le sezioni tipo, è del tipo a giunto aperto, da porre sul priverestimento, ed è eseguita con una guaina in PVC da 2 mm di spessore sulla quale è posto un telo di compensazione e protezione in geotessile da 400 g/m<sup>2</sup>; tale guaina, che viene applicata in genere solo in calotta e su parte dei piedritti mediante l'ausilio di carri appositamente studiati per il transito dei mezzi, è dotata sui due bordi terminali longitudinali di apposite canalette micro fessurate in PVC, allacciate trasversalmente, ad intervalli regolari di 30 m, al sistema principale di raccolta delle acque, costituito da una condotta in cls posta sull'arco rovescio in posizione centrale: tale condotta trova poi esito nella rete generale di drenaggio, posta all'esterno delle gallerie.

Il rivestimento definitivo è eseguito con calcestruzzo di resistenza caratteristica Rck > 30 MPa; per la cassetta si utilizzano quattro casseri semoventi autoportanti - autoreagenti, due di produzione Cifa e due di produzione Sermar

dotati di appositi vibrator solidali al cassero, mentre il pompaggio del calcestruzzo avviene con pompe da galleria Cifa.

Le attività di scavo sono iniziate a partire dalla galleria Finestra GN02 il 21 Aprile 2009 per poi proseguire con l'attacco degli imbocchi Messina e Palermo da gennaio 2010 e allo stato la tratta scavata è pari a circa 1.710 m (con 290 m di galleria finestra e 1.420 m di galleria di linea). Nella fase di mobilitazione l'Impresa appaltatrice ha analizzato i processi produttivi di ogni fase lavorativa al fine di individuare eventuali aree di miglioramento e riducendo, con ciò, i tempi morti, ove presenti.

In particolare si è cercato di organizzare le attività dei fronti esterni, in cui sono concentrate le sezioni tipo con consolidamenti, in modo da ottenere una alternanza tra le attività di scavo e quelle di consolidamento, dando luogo al cosiddetto "pendolo": ciò ha consentito la riduzione sia del numero di squadre sia delle attrezzature da utilizzare. I vantaggi di questo processo sono di tutta evidenza e si sono tradotti in un risparmio di tempo ed in un significativo contenimento dei costi generali. ■

