

La nuova tecnologia sarà applicata per la prima volta al mondo, in via sperimentale, per l'allargamento della galleria "Nazzano", ubicata lungo l'autostrada A1 nel tratto Orte-Fiano Romano, tra le progressive chilometriche 522+000 e 523+200

UN METODO COSTRUTTIVO INNOVATIVO PER ALLARGARE GALLERIE STRADALI, AUTOSTRADALI O FERROVIARIE SENZA INTERRUPTERE IL TRAFFICO: L'APPLICAZIONE ALLA GALLERIA NAZZANO SULL'AUTOSTRADA A1 MILANO-NAPOLI

In questi giorni sono iniziati i lavori per allargare la galleria "Nazzano" da due a tre corsie, più una corsia d'emergenza per ogni senso di marcia. Viene applicato per la prima volta al mondo un metodo costruttivo innovativo al 100% italiano, che permetterà di mantenere l'esercizio della galleria durante tutte le lavorazioni necessarie. Riteniamo di conseguenza interessante pubblicare il seguente articolo che, presentato dall'inventore alcuni anni fa in occasione di un Convegno in Svizzera, ne illustra assai bene i concetti informativi. Ricordiamo che i lavori d'allargamento della galleria avrebbero dovuto iniziare circa tre anni fa, se non che alcuni disguidi con la Società appaltatrice spagnola hanno determinato la necessità di procedere ad un secondo appalto.

1. Premessa

Con le aumentate esigenze di traffico, si pone sempre più spesso la necessità di allargare le sedi stradali, autostradali o ferroviarie per incrementarne la capacità. Tuttavia, soddisfare questa necessità è semplice se le arterie corrono per l'intera lunghezza in superficie; appare invece assai complicato quando le stesse attraversano tratti in galleria, essendo indispensabile in tal caso ricorrere a onerose varianti di tracciato per realizzare nuovi forni da aggiungere a quelli già esistenti. D'altra parte, allargare una galleria in esercizio è possibile solo se si è in grado di:

- Garantire la necessaria sicurezza agli utenti limitandone il disagio entro una soglia accettabile;
- Risolvere i problemi tecnici e operativi connessi con l'avanzamento d'allargamento in un terreno già disturbato dallo scavo precedente;
- Realizzare la struttura resistente man mano che si demolisce quella preesistente, trattando adeguatamente qualsiasi situazione tenso-deformativa, anche imprevista, si dovesse presentare durante l'esecuzione dei lavori, in maniera da garantire la sicurezza all'esercizio e a quelle attività umane che eventualmente si svolgessero in superficie.

In Italia è stata da me proposta una metodologia costruttiva che, per la prima volta al mondo, sarebbe in grado di soddisfare tutti i suddetti requisiti e che quindi renderebbe possibile ampliare le gallerie stradali, autostradali e ferroviarie esistenti senza interrompere il traffico durante le lavorazioni. Tale tecnologia sarà utile per allargare la galleria "Nazzano" dell'autostrada A1 Milano-Napoli, la cui sede stradale deve essere portata dalle attuali due corsie per ogni senso di marcia a tre più quella di emergenza.

Prof. Ing. Pietro Lunardi

2. Caratteristiche indispensabili affinché la tecnica sia applicabile in presenza di traffico

Una tecnica per allargare una galleria in esercizio senza interrompere il traffico, perché sia realmente applicabile, deve risolvere in maniera soddisfacente, come già accennato in premessa, almeno due ordini di problemi:

- Il problema di consentire lo svolgimento delle lavorazioni necessarie per lo scavo e la realizzazione del rivestimento della galleria allargata e per la demolizione di quella esistente assicurando la necessaria sicurezza agli utenti e minimizzandone il più possibile i disagi;
- Il problema della sua adattabilità a qualsiasi tipo di terreno e di situazione tenso-deformativa si dovessero incontrare, minimizzandone gli effetti sulle preesistenze al contorno e assicurando una costante sicurezza operativa.

E' evidente che queste problematiche, per essere risolte, richiedono la messa a punto di un approccio costruttivo specifico che, senza pericoli per il traffico, consenta l'esecuzione di tutti i tipi di preconsolidamento del terreno eventualmente necessari sul fronte e al contorno del futuro scavo, nonché la messa in opera e l'attivazione, a brevissima distanza dal fronte d'allargamento, del rivestimento definitivo.

Solo operando in questo modo, infatti, si è in grado di:

- Controllare gli effetti della probabile presenza, al contorno del cavo esistente, di una fascia di terreno che ha già subito fenomeni di plasticizzazione e che non deve venir ulteriormente disturbata;
- Realizzare l'allargamento della sezione trasversale della galleria senza provocare l'innescio di dannosi fenomeni deformativi nel terreno, che si tradurrebbero in ingenti spinte sul rivestimento della galleria finale allargata e in cedimenti differenziali in superficie pericolosi per le eventuali strutture esistenti;
- Assicurare il rispetto delle tempistiche previste in sede di progetto, indipendentemente dal tipo di terreno e di situazione tenso-deformativa da affrontare, contenendo e pianificando in maniera certa i costi e i tempi di realizzazione, onde ridurre al minimo le deviazioni delle corsie di traffico, e quindi i disagi per l'utenza.

SEQUENZA DI AVANZAMENTO PER L'ALLARGAMENTO DEL TUNNEL

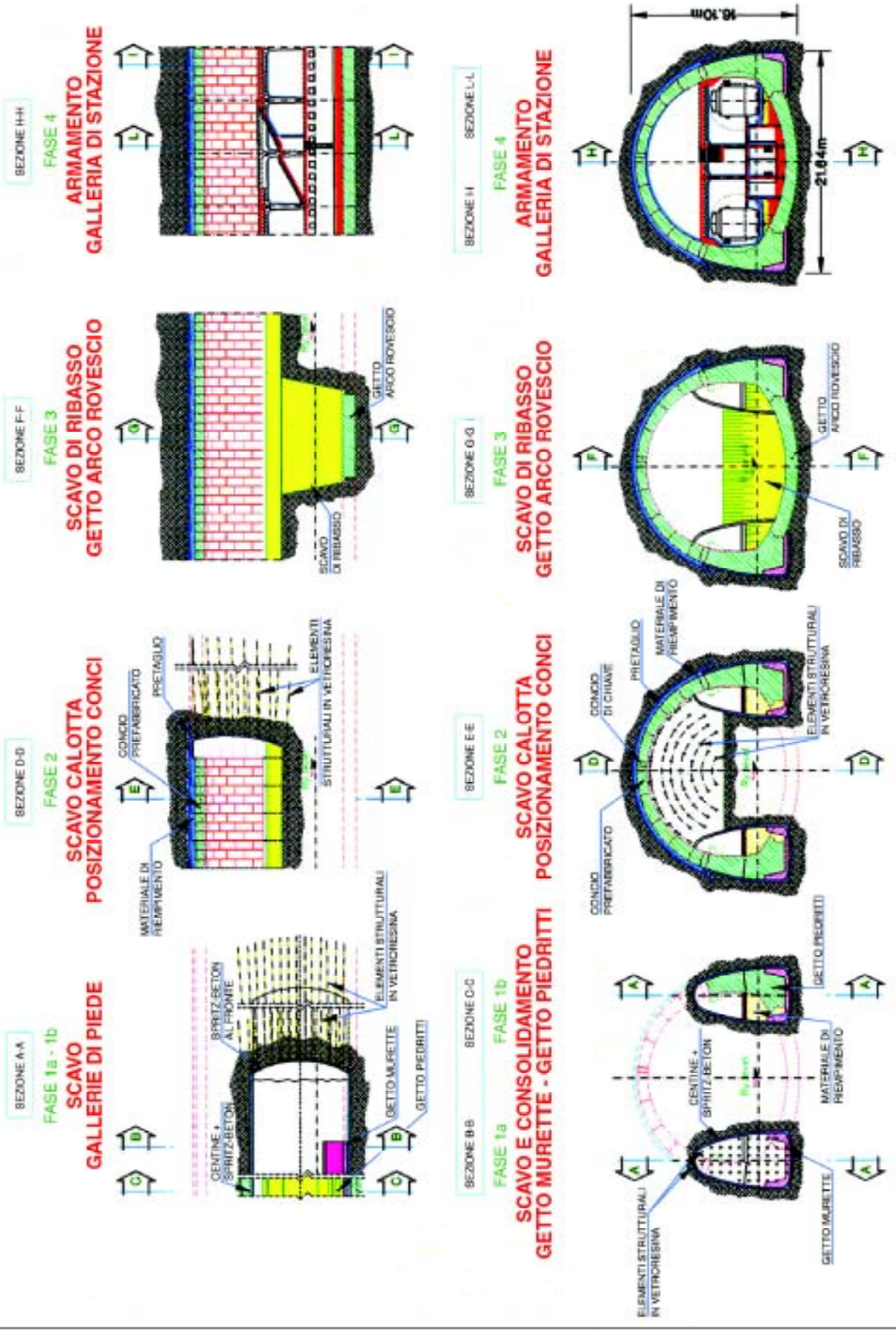


Figura 1



3. L'ideazione della tecnica

Il convincimento che fosse possibile mettere a punto una metodologia costruttiva rispondente allo scopo, in grado cioè di soddisfare le suddette esigenze senza interferire col normale traffico autostradale, aveva cominciato a farsi strada nella mia mente all'epoca dei lavori per la costruzione della galleria di stazione "Baldo degli Ubaldi" della metropolitana di Roma, la cui realizzazione, a fronte delle rilevanti dimensioni (21,5 m di luce e 16 d'altezza), del tipo di terreno (argille plioceniche sotto falda) e dei severi vincoli riguardo ai cedimenti superficiali ammessi in contesto urbano, aveva richiesto di mettere a punto un metodo costruttivo innovativo.

Adottando tale metodo, la galleria di stazione si stava realizzando attraverso quattro fasi costruttive principali (Figura 1):

1a. Scavo, da due pozzi d'accesso, delle gallerie laterali di 5 m di larghezza per 9 m d'altezza, futura sede dei piedritti della galleria di stazione, previo consolidamento del nucleo con elementi strutturali di vetroresina e rivestimento del cavo con spritz-beton fibrorinforzato armato con certine metalliche dotate di puntone;



Figura 2

- 1b.** Getto dei suddetti piedritti di calcestruzzo armato;
- 2.** Scavo della calotta della galleria di stazione (21,5 m di luce, 8,5 m d'altezza, per una sezione di 125 m²), previo consolidamento del nucleo con elementi strutturali di vetroresina e protezione dello stesso con un guscio resistente ottenuto col metodo del pretaglio meccanico, quindi rivestimento immediato della calotta con una "volta attiva" di conci prefabbricati;
- 3.** Scavo di ribasso della galleria di stazione (90 m² di sezione) e getto immediato dell'arco rovescio per campioni, dopo la realizzazione della calotta;
- 4.** Completamento delle infrastrutture di stazione.

Le novità del nuovo sistema costruttivo erano soprattutto due:

- da un lato, la pratica del preconsolidamento del nucleo d'avanzamento con elementi strutturali di vetroresina e della tecnologia del pretaglio meccanico (per la prima volta al mondo applicata su una luce di 21,5 m) combinate col principio della "volta attiva";

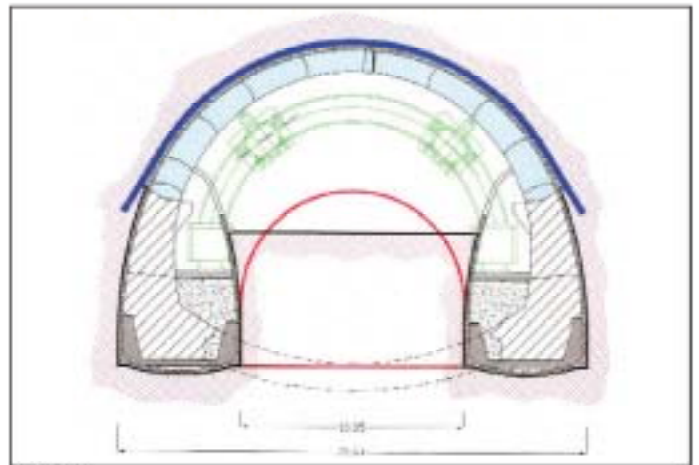


Figura 3

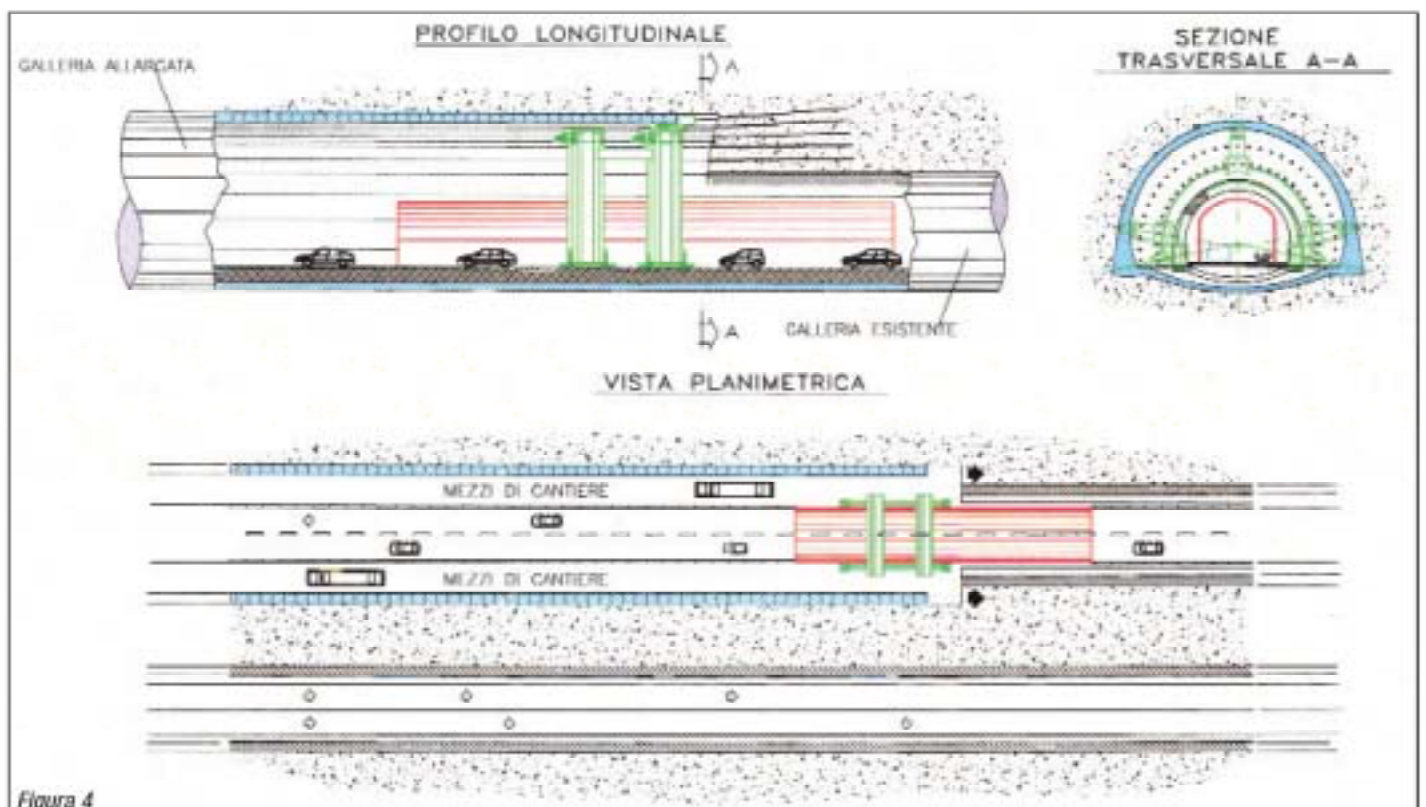


Figura 4

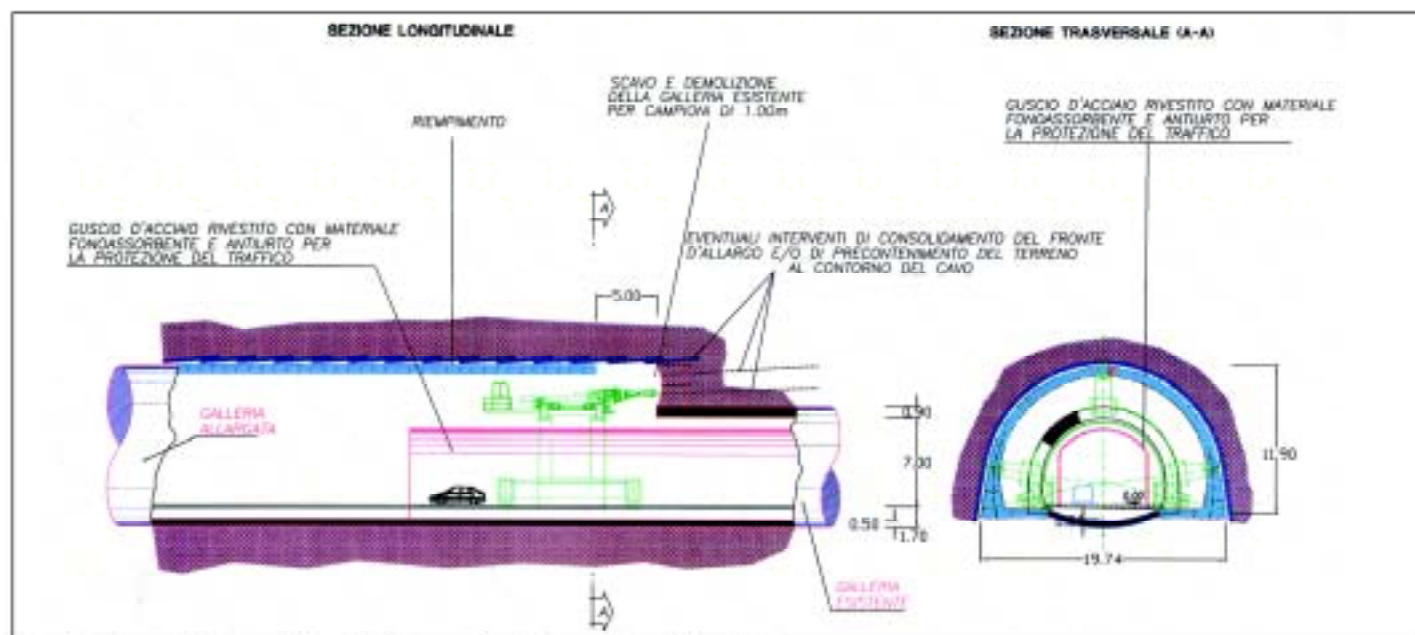


Figura 5 - Scavo del terreno al fronte d'allargo e demolizione della galleria esistente

- dall'altro lato, l'estrema industrializzazione delle lavorazioni ottenuta attraverso una spinta meccanizzazione.

Infatti, per fondere le suddette tecnologie, tutte più o meno recenti, in un sistema costruttivo unico ed altamente efficiente, era stata messa a punto e realizzata, in collaborazione con la Stac SpA di Mozzate (CO), un'apposita macchina. Essa consisteva (Figura 2) in un grande portale metallico, geometricamente rispondente al profilo di calotta della galleria di stazione, appoggiato, all'interno delle gallerie di piedritto, tramite stabilizzatori posti su longheroni, in modo da consentirne la traslazione longitudinale. Sul portale, oltre all'attrezzatura necessaria per l'esecuzione dei gusci di pretaglio meccanico, era montata anche quella che serviva per la movimentazione e il montaggio dei conci prefabbricati del rivestimento definitivo. In seguito all'impiego di questa macchina e delle attrezzature accessorie, durante le operazioni di costruzione della volta, avevo avuto modo di osservare che il volume costituente lo strozzo della futura galleria di stazione, per una sezione trasversale paragonabile a quella di una normale galleria autostradale o ferroviaria, non era minimamente interessato dalle operazioni costruttive (Figura 3), che avrebbero potuto svolgersi in maniera del tutto analoga all'estradosso di una galleria già esistente al fine di allargarla senza che fosse necessario chiuderla al traffico, a patto naturalmente di attuare appropriate misure di sicurezza a salvaguardia degli utenti. Si trattava, in definitiva, di estendere alla piena sezione il sistema utilizzato su mezza sezione a Baldo degli Ubaldi. Nasceva così l'idea di una tecnica che, utilizzando macchine e attrezzature ispirate a quelle impiegate per la stazione Baldo degli Ubaldi, consentisse di realizzare l'allargamento di una galleria esistente senza essere costretti ad interrompere l'esercizio (Figura 4).

4. L'illustrazione della tecnica

L'idea su cui lavorare, a grandi linee, prevedeva (Figure 5 e 6):

- In una prima fase: l'esecuzione, eventuale, di interventi di rinforzo del fronte d'allargo e/o di precontenimento del cavo, quindi lo scavo per campioni del terreno compreso tra il profilo teorico della futura galleria allargata e quello della vecchia galleria esistente;
- In una seconda fase: la realizzazione immediata, a ridosso del fronte di scavo, del rivestimento definitivo, mediante la posa in opera di uno o più archi di conci prefabbricati, secondo il principio della "volta attiva";

- In una terza fase: la realizzazione della struttura di fondazione (arco rovescio), se necessaria.

Durante le prime due fasi, che avrebbero dovuto svolgersi ciclicamente con cadenza estremamente regolare, all'interno della sagoma della vecchia galleria, sarebbe stato operativo un "guscio d'acciaio di protezione del traffico", al di sopra del quale si sarebbero mossi e avrebbero operato tutti i macchinari predisposti per l'esecuzione degli interventi previsti. L'intercapedine tra questa protezione metallica e il rivestimento della galleria esistente avrebbe dovuto essere riempita di materiali fonoassorbenti e antiurto. Il guscio d'acciaio, di lunghezza pari ad almeno quattro volte il diametro della galleria da allargare, avrebbe occupato spazi relativamente modesti entro quest'ultima, permettendo di realizzare gli interventi senza interrompere il traffico sulle corsie di marcia esistenti. Quando, in seguito all'avanzamento, la distanza tra il fronte d'allargo e l'estremità anteriore del guscio si fosse approssimata al valore giudicato minimo per la sicurezza, detto guscio sarebbe stato traslato in avanti e le diverse fasi ripetute ciclicamente sino a completare l'allargamento dell'intera galleria.

Nei paragrafi che seguono sarà descritto esaurientemente, dal profilo operativo, lo svolgimento di ciascuna fase esecutiva caratteristica della tecnica proposta.

4.1. Lo svolgimento della prima fase esecutiva

La prima fase delle lavorazioni, come si è detto, prevede prima di tutto l'esecuzione degli interventi di preconsolidamento del terreno eventualmente necessari, quindi lo scavo per campioni (la cui misura dipende dalle caratteristiche dei terreni interessati) del terreno compreso tra il profilo teorico della futura galleria allargata e quello della vecchia galleria esistente. Gli interventi di preconsolidamento, in funzione del contesto geologico-geotecnico in cui si opera, potranno essere interventi di rinforzo del fronte d'allargo e/o di precontenimento del cavo, quali il jet-grouting in orizzontale, il pretaglio meccanico o il consolidamento mediante elementi strutturali di vetroresina valvolati e iniettati al contorno del futuro cavo d'allargo. Essi potranno essere realizzati in avanzamento, oppure radialmente, operando dall'interno della galleria esistente, comunque e sempre al di sopra del "guscio d'acciaio di protezione del traffico".



Dopo l'esecuzione eventuale dei preconsolidamenti ha inizio l'esecuzione dell'allargamento d'allargato (si veda Figura 5).

Esso viene eseguito scavando il terreno e demolendo il rivestimento della galleria esistente per campioni di ridotta profondità [da 60 a 150 cm in funzione della situazione tenso-deformativa del materiale in cui si opera e delle dimensioni dei conci prefabbricati progettati per la realizzazione del rivestimento definitivo (si veda paragrafo 4.2.: "Lo svolgimento della seconda fase esecutiva")].

Se la situazione tenso-deformativa lo consente, è possibile avanzare anche per profondità multiple di quella dei conci di rivestimento utilizzati.

Il macchinario da impiegare per lo scavo opera completamente al di sopra del "guscio d'acciaio di protezione del traffico" ed è equipaggiato di tutte le attrezzature indispensabili per l'esecuzione degli interventi di preconsolidamento necessari (posizionatore, lama per il pretaglio meccanico, ecc.), comprese una o più frese ad attacco puntuale e, eventualmente, di potenti cesoie per il taglio delle centine e degli elementi metallici costituenti il rivestimento della vecchia galleria da demolire. Le frese, in alternativa, possono essere sostituite da un martellone demolitore.

4.2. Lo svolgimento della seconda fase esecutiva

La seconda fase esecutiva prevede la messa in opera del rivestimento definitivo della galleria allargata, costituito da archi di conci prefabbricati.

L'adozione dello scavo per campioni con immediata realizzazione del rivestimento definitivo di conci prefabbricati di calcestruzzo secondo il principio della "volta attiva" è la chiave di volta che, rendendo possibile annullare sul nascere, anche a breve distanza dal fronte, qualsiasi eventuale fenomeno deformativo, permette di superare tutte le problematiche connesse alla risposta deformativa dell'ammasso, caratterizzando la tecnica proposta.

Lo svolgimento delle lavorazioni prevede (Figura 6):

- A) Trasporto dei conci fino al fronte mediante l'ausilio di appositi nastri trasportatori e carrelli elevatori posizionati su un lato della galleria allargata;
- B) Applicazione di resine epossidiche a presa ritardata alle due estremità trasversali del concio da posare in opera e su quella longitudinale che andrà a contatto dell'arco di rivestimento già montato;
- C) Sollevamento e posizionamento del concio mediante macchina posaconci, movimentando per primi quelli che saranno collocati più in basso da entrambi i lati della galleria, per poi a salire gli altri fino a chiudere la volta con il concio di chiave;
- D) Messa in opera di un riempimento di betoncino fra la volta di conci prefabbricati e il materiale a tergo;
- E) Messa in pressione del martinetto del concio di chiave per far aderire perfettamente i vari conci e produrre immediatamente la necessaria pressione di contenimento dell'ammasso al contorno della galleria allargata, secondo i principi della "volta attiva".

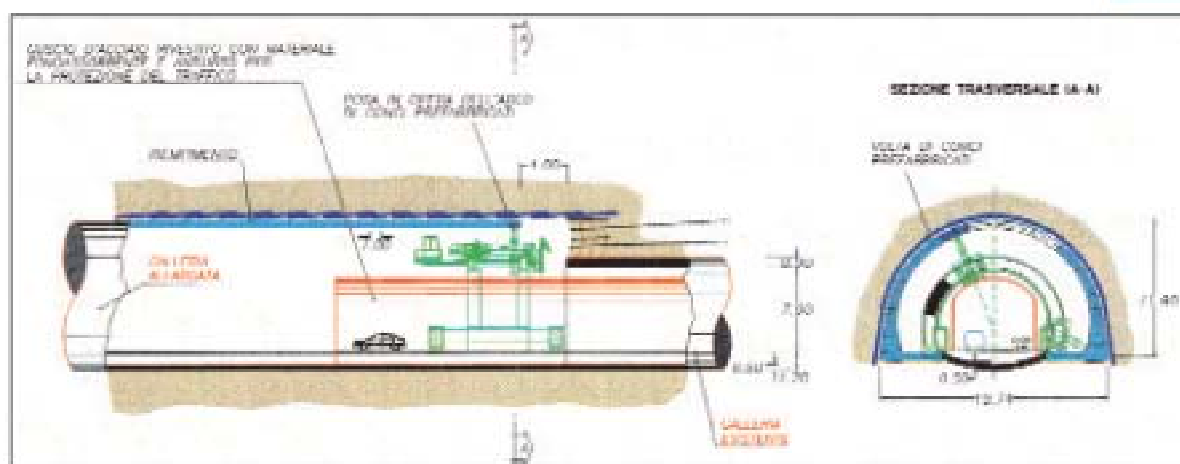


Figura 6 - La fase di posa dell'arco di conci prefabbricati alternata alla fase di scavo del fronte d'allargato

4.3. Lo svolgimento della terza fase esecutiva

La struttura di fondazione, qualora necessaria, viene realizzata, previa opportuna deviazione dei flussi di traffico, mediante la messa in opera di un semplice collegamento tra il rivestimento della nuova galleria allargata e l'arco rovescio di quella vecchia, oppure mediante il getto di un vero e proprio nuovo arco rovescio.

5. La risoluzione di alcune problematiche particolari per il mantenimento della circolazione durante le lavorazioni

Riguardo alla possibilità di mantenere il traffico in galleria durante le lavorazioni, mentre le prime tre fasi esecutive non pongono problemi di sorta svolgendosi tutte al di sopra del guscio d'acciaio di protezione del traffico, per la terza fase esecutiva occorre distinguere tra due casi.

Gallerie ferroviarie

Una volta allargata la galleria, sarebbe comunque necessario arrestare il traffico dei treni per adeguare la disposizione dei binari in relazione alla nuova situazione. La struttura di collegamento fra il rivestimento definitivo della galleria allargata e l'arco rovescio di quella preesistente o, in alternativa (qualora le esigenze statiche lo richiedessero), il getto in opera dell'arco rovescio, potranno venir realizzati in questo frattempo.

Gallerie stradali (a canna unica) o autostradali (a doppia canna) con due corsie per ogni senso di marcia

Il traffico nelle gallerie stradali a canna unica, organizzando opportunamente le lavorazioni di realizzazione della fondazione e di allargato della sede stradale, può essere sempre mantenuto in esercizio su almeno una corsia per ogni senso di marcia. Analogamente, in quelle autostradali a doppia canna esso può sempre essere mantenuto in esercizio su due corsie per ogni senso di marcia, giostrando opportunamente le suddette lavorazioni tra le due canne ed eventualmente deviando il flusso veicolare, secondo necessità, sulle corsie di volta in volta disponibili (Figura 7).

6. L'applicazione del sistema

La nuova tecnologia sarà applicata per la prima volta al mondo, in via sperimentale, per l'allargamento della galleria "Nazzano", ubicata lungo l'autostrada A1 Milano-Napoli tra Orte e Fiano Romano, tra le progressive km 522+00 e km 523+200 (Figura 8). Tale galleria si sviluppa completamente in rettilineo, ad una quota altimetrica del piano stradale di circa 166 m s.l.m., per una lunghezza di circa 337 m, sotto coperture massime di 45 m. Dal punto di vista geologico, il suo tracciato interessa terreni di natura sabbiosa e limo-argillosa, della serie plio-pleistocenica, sui quali insiste l'abitato del Comune di Nazzano (Figura 9). Considerato il tipo di terreni da affrontare, il progetto prevede di pro-

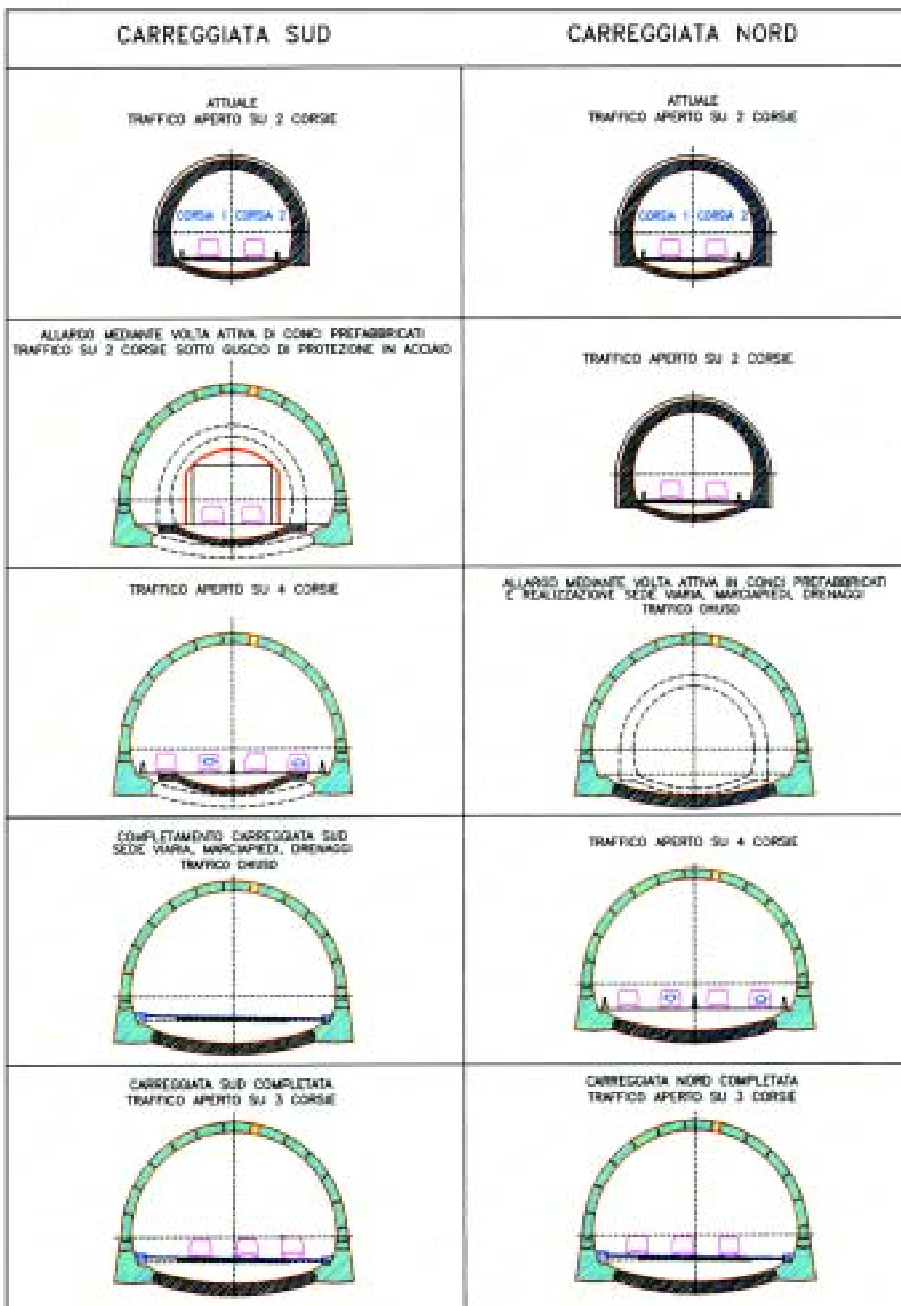


Figura 7 - Il piano di regolazione del traffico durante l'allargamento della carreggiata

cedere allo scavo d'allargo previa esecuzione al suo contorno di un guscio di spritz-beton fibrerinforzato ottenuto mediante pretaglio meccanico.

L'allargamento della galleria, quindi, sarà operato attraverso le seguenti quattro fasi principali:

- Realizzazione di un guscio di pretaglio meccanico al contorno del futuro scavo (19,74 m di luce) ed esecuzione degli interventi di consolidamento eventualmente necessari sul fronte d'allargo;
- Erezione immediata, a ridosso del fronte di scavo (4 + 5 m max), del rivestimento definitivo, mediante la posa in opera di un arco di conchi prefabbricati, operante secondo il principio della "volta attiva";
- Demolizione per campioni, sotto la protezione del consolidamento precedentemente effettuato, del vecchio rivestimento e scavo del terreno fino a raggiungere il profilo teorico d'allargo;
- Realizzazione della struttura di fondazione (arco rovescio).

Tutte le lavorazioni delle prime tre fasi saranno eseguite proteggendo la sede stradale con un "guscio d'acciaio di protezione del traffico" semovente, sotto il quale i veicoli potranno continuare a scorrere in condizioni di sicurezza.

Lo scudo progettato, di 60 m di lunghezza, si estende oltre il fronte d'avanzamento dell'allargo per circa 40 m. E' costituito da una struttura d'acciaio componibile di elementi modulari ed è dotato di guide di scorrimento, ancoraggi, motorizzazione, pannellatura fonoassorbente e antiurto, in grado di assorbire la caduta di blocchi di materiale durante lo scavo del terreno e la demolizione della galleria esistente, compresi eventuali rilasci dello stesso. Tutti i macchinari predisposti per l'esecuzione degli interventi previsti si muoveranno e opereranno al di sopra del guscio. Quando, in seguito all'avanzamento, la distanza tra il fronte d'allargo e l'estremità anteriore del guscio si approssimerà al valore giudicato minimo per la sicurezza del traffico veicolare, esso verrà traslato in avanti e le diverse fasi saranno ripetute ciclicamente sino a completare l'allargamento di tutta la galleria.

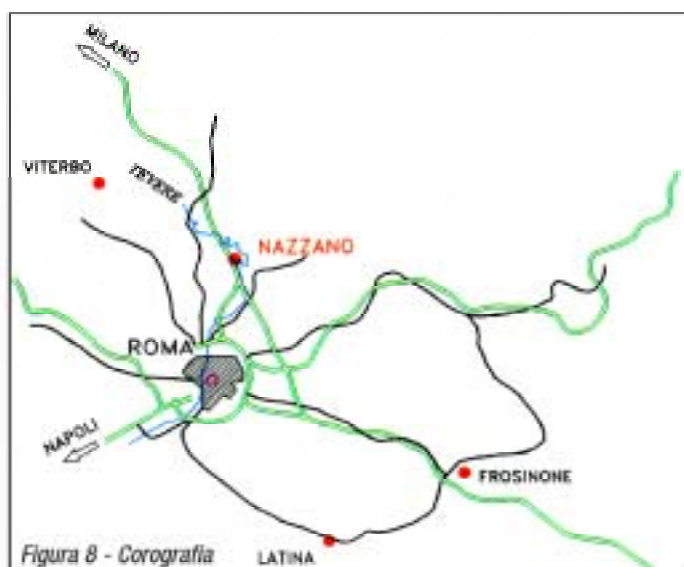


Figura 8 - Corografia

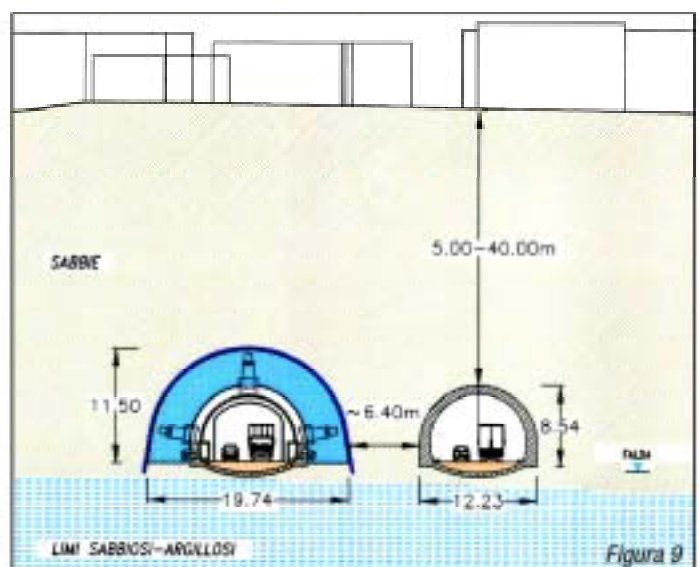


Figura 9

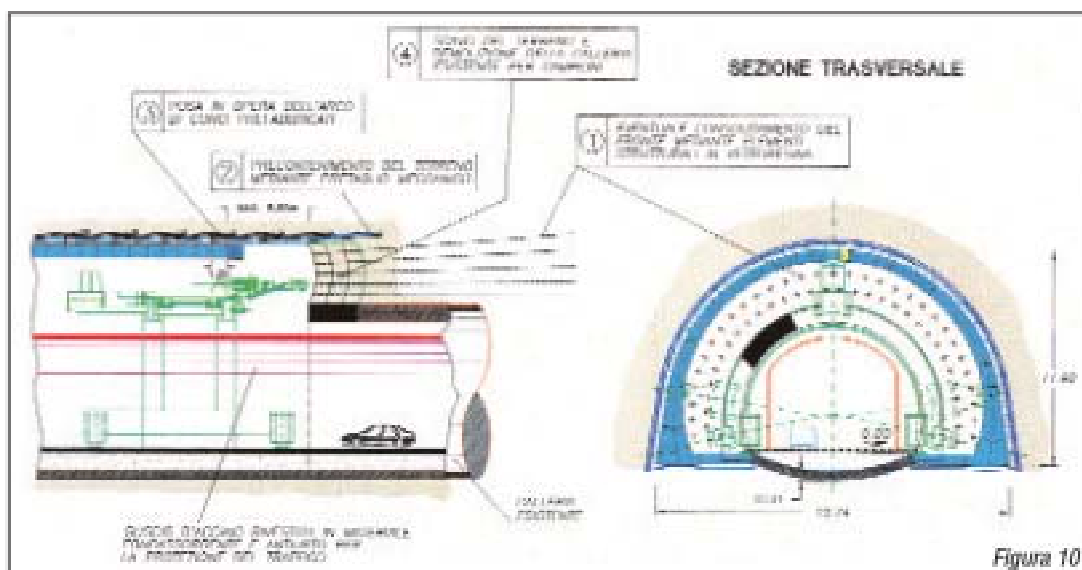


Figura 10

6.1. La macchina e le sue attrezzature

La progettazione del prototipo della macchina e delle attrezzature ha richiesto un particolare sforzo, in quanto si è trattato di ottimizzare, in uno spazio molto contenuto e compreso tra galleria finita e scudo, una serie di funzioni operative quali pretaglio al fronte, scavo, posa dei conchi, getti d'intasamento vari, demolizione della galleria esistente.

I problemi sono stati risolti utilizzando tecnologie innovative che hanno consentito di progettare una macchina versatile e compatta, altamente computerizzata, in grado di risolvere tutte le funzioni richieste riducendo al minimo le movimentazioni e quindi anche le tempistiche d'impiego. Sostanzialmente essa è costituita da una robusta struttura metallica a doppio arco (Figure 12 e 13), collegata alla base mediante travi telescopiche che consentono di ottenere una rapida e precisa movimentazione longitudinale sia di avanzamento che di arretramento.

Il centraggio trasversale e il corretto posizionamento in elevazione sono ottenuti mediante sistemi a comando idraulico. Un dispositivo laser esterno alla macchina consente il perfetto allineamento della stessa con l'opera da eseguire.

Sull'arco rivolto verso il fronte è montato un carrello, particolarmente sofisticato, in grado di portare la lama per il pretaglio e la fresa di scavo e demolizione o, in alternativa, un martellone demolitore. Il movimento circolare del carrello sull'arco ottenuto mediante motoriduttori e cremagliere e le singole e complesse movimentazioni delle varie attrezzature consentono di eseguire le varie operazioni previste dal progetto.

Sullo stesso arco è ubicato, in posizione opportuna, un doppio sistema atto a gestire le tubazioni che servono sia all'esecuzione dell'intasamento del pretaglio eseguito con la lama, sia a quello previsto tra i conchi e lo scavo. Uno speciale dispositivo consente di eseguire, attraverso lo stesso sistema, anche lo spritz di consolidamento al fronte di scavo.

Sull'arco anteriore è posizionata anche una gru telescopica, con funzioni di movimentazione delle varie componentistiche, in fase di lavoro e di manutenzione, e di servizio in caso di emergenze al fronte.

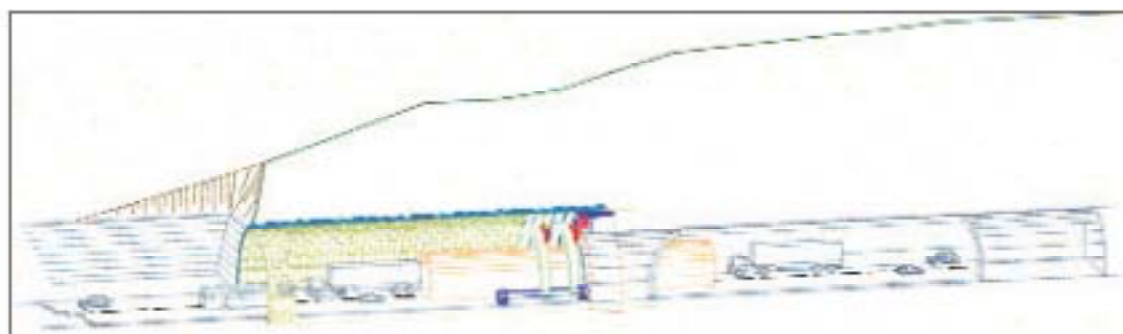


Figura 11 - Vista tridimensionale

L'arco posteriore è progettato e dimensionato per la posa in opera dei conchi. Su esso scorre un carrello dotato di "erettore", in grado di "agganciare" i conchi e andarli a posizionare in opera. Le movimentazioni dell'erettore sono totalmente elettro-idrauliche e comandate da una pulsantiera mobile dotata di visualizzatore a display in grado di fornire informazioni riguardo alle manovre da eseguire e agli eventuali errori commessi.

Prima della posa della chiave dell'arco e della conseguente realizzazione dell'autostegno,

il conchi poggiano su speciali strutture telescopiche ancorate all'arco e dotate di sensori che consentono di eseguire in sicurezza le diverse manovre.

La struttura è dotata di passerelle di servizio variamente disposte per consentire al personale di operare in condizioni di visibilità ottimali.

Le diverse funzioni delle attrezzature sono gestite da un PLC (*Programmable Logic Controller*), che è in grado di riconoscere i comandi ricevuti, attivare i blocchi di sicurezza e riversare sul display delle diverse pulsantiere le informazioni necessarie per una corretta e sicura gestione dell'attrezzatura.

Nella tabella di pagina seguente sono sintetizzati i dati tecnici che caratterizzano la macchina in questione.



Figura 12

7. Conclusioni

La tecnica illustrata risolve le problematiche specifiche dell'allargamento delle gallerie siano esse stradali, autostradali o ferroviarie permettendo di mantenere aperto il traffico durante le lavorazioni.

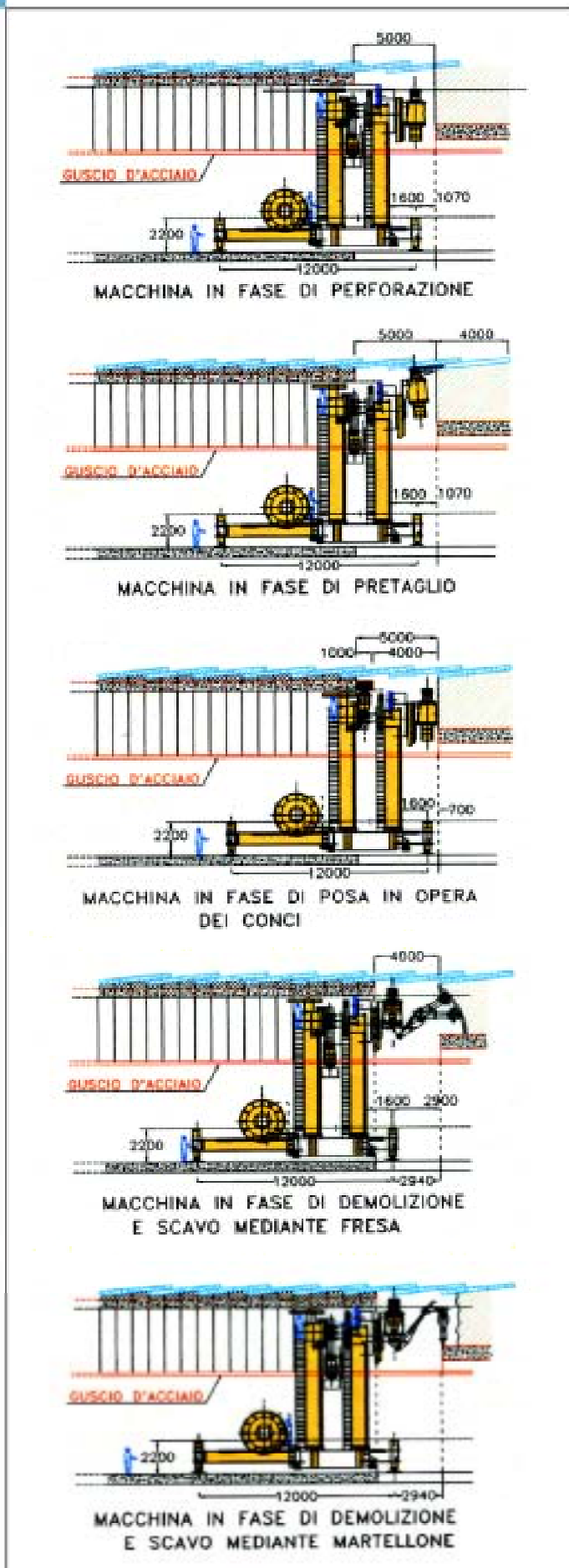


Figura 13 - Demolizione e scavo mediante martello

Dati tecnici e caratteristiche della macchina

Capacità di taglio con la lama	L = 450 (550) cm; s = 30 cm
Capacità di demolizione del Gs con fresa	20/25 m ³ /h
Capacità di demolizione del Gs con martellone	5/8 m ³ /h
Peso in opera con	Portata max = 7 t a 10,70 m
Potenza installata	254 kW
Impiantistica	Elettra-idraulica
Movimentazioni	A comando idraulico e gestite con Programmabile Logic Controller

Essa si caratterizza per:

- L'adozione, per stabilizzare e rivestire definitivamente la galleria allargata, di un rivestimento costituito da archi di conchi prefabbricati messi in opera su sfondi ridotti secondo il principio della volta attiva¹, e quindi già operativo a brevissima distanza dal fronte d'allargo (4 + 5 m max). Si evita così la messa in opera di interventi di stabilizzazione ad azione passiva quali lo spritz-beton e le centine;
- La possibilità di mettere in carico il rivestimento definitivo mediante i martinetti nel conchio di chiave, al fine di ricentrare i carichi dissimmetrici qualora si verificassero momenti flettenti tali da parzializzare la sezione resistente dell'arco di conchi prefabbricati;
- La possibilità di operare, se necessario, interventi di preconsolidamento del terreno, in grado di contenere o addirittura di annullare i fenomeni deformativi del fronte e del cavo e quindi di evitare l'allentamento incontrollato dell'ammasso in cui si opera assicurando la sicurezza degli scavi;
- La meccanizzazione spinta delle diverse fasi esecutive, compresa l'eventuale messa in opera degli interventi di preconsolidamento, con conseguente regolarizzazione delle cadenze d'avanzamento e riduzione dei tempi costruttivi, tutti fattori che si ripercuotono vantaggiosamente sull'economia del cantiere e sulle produzioni ottenibili;
- L'estrema linearità delle produzioni ottenibili (industrializzazione dello scavo), che si possono prevedere dell'ordine di 1+1,5 m³/giorno di galleria finita;
- La possibilità di eseguire tutte le lavorazioni proteggendo la sede stradale con un "guscio d'acciaio" sotto il quale il traffico può continuare a scorrere in condizioni di sicurezza;
- L'estrema versatilità della macchina utilizzata, che permette di operare nelle più svariate condizioni di terreno e di stato tenso-deformativo.

Articolo presentato alla conferenza su:
"Instandsetzung von Tunneln" - Otten, 21 Ottobre 1999

BIBLIOGRAFIA

- [1] Lunardi P., Focaracci A., Merlo S. - "Il pretaglio meccanico per la costruzione della volta di 21,5 m di luce della stazione "Baldo degli Ubaldi" - Gallerie e grandi opere sotterranee, n. 53, anno 1997
- [2] Lunardi P. - "Design and construction of a station on the Rome metro" - Tunnels & Tunneling International, Marzo 1998
- [3] Lunardi P., Focaracci A. - "Mechanical pre-cutting for the construction of the 21,5 m span arch of the Baldo degli Ubaldi Station on the Rome Underground" - Congresso ITA su "Tunnels and Metropolises" - San Paolo, 25-30 Aprile 1998
- [4] Lunardi P. - "Construction des stations de grandes portées pour métro" - Simposio internazionale su "Bautechnik und funktionelle Ausschreibung", Zurigo, 9 Marzo 1999