

La galleria di Forca di Cerro S.S. n. 395 "del Passo di Cerro"

Metodologie di indagini geognostiche a confronto

di MEDARDO MACORI

La attuale Strada Statale n. 395 "del Passo di Cerro", in Umbria (Compartimento A.N.A.S. di Perugia), con la sua pur breve estesa di km 18,368, esplica la non trascurabile funzione di collegamento diretto della S.S. n. 3 "Flaminia" e dell'area spoletina con la S.S. n. 209 "Val Nerina" e quindi con l'alto piceno e l'alto maceratese.

La strada è divenuta statale nel 1962 (D.M. 16.2.1962) e non ha mai ricevuto sostanziali sistemazioni, mantenendo quindi le tipiche caratteristiche delle infrastrutture di valico, quali si riscontravano alcuni decenni fa: forse perché furono realizzate con criteri di grande economia, risultando peraltro compatibili, quanto a livello di servizio, con i modesti volumi di traffico di allora.

Appare qui superfluo richiamare, perché fin troppo noti, gli imprevisti incrementi via via subiti dal numero di mezzi circolanti su gomma, le maggiori velocità di essi, i più elevati carichi industriali ammessi alla circolazione ed i loro ben maggiori ingombri.

Ciò evidentemente ha reso sempre più palese la necessità di radicale ammodernamento della rete di strade statali e, fra esse, anche della S.S. n. 395 "del Passo di Cerro", non dissimile certamente da altre numerose strade statali di analoghe origini e natura.

Peraltro gli eventi sismici del settembre 1979 e mesi successivi hanno reso prioritari gli interventi sulla S.S. n. 395, per la quale è stato quindi redatto un progetto di radicale ammodernamento che prevede, tra l'altro, la realizzazione di una galleria lunga 3.950 m, ovviamente destinata ad abbassare decisamente la quota di valico e ad abbreviare il percorso.

L'importanza di tale opera in sottterraneo ha reso indispensabile l'attuazione di una approfondita indagine sulla natura e sull'assetto geostrutturale dei terreni interessati alla sua realizzazione.

È stata pertanto decisa l'esecuzione di un cunicolo pilota (preforo) per l'esplorazione e l'assunzione delle necessarie informazioni di carattere geologico-geotecnico.

In quella circostanza chi scrive ritenne non doversi perdere l'occasione di istituire un utile confronto, in termini concreti, fra due diverse metodologie di indagine: quella del cunicolo pilota, appunto, e quella geosismica.

È parso sufficiente, a tale scopo, effettuare l'indagine geosismica per un'estesa di soli 2.250 m e non per l'intero tracciato di galleria, al fine di contenere entro certi limiti la spesa. Si vedrà più avanti che tale decisione, alla luce dei fatti e con il "senno del poi" è risultata improvida.

I motivi di tale "messa a confronto" fra i due diversi metodi di indagine erano di natura tecnica e di natura economica e riguardavano ambedue le metodologie.

1 - CUNICOLO PILOTA

È nota l'utilità di un cunicolo pilota, sia dal punto di vista degli elementi di conoscenza che si acquisiscono, sia per i risparmi di tempo e denaro che esso consente nelle successive operazioni di realizzazione della galleria vera e propria.

Peraltro occorrerebbe veramente dimostrare se tali risparmi sono almeno equivalenti al costo del preforo o se, al contrario, la tecnica del cunicolo pilota costituisca un costo aggiuntivo non trascurabile. Tale ultima ipotesi appare assai probabile, almeno in prima impressione, laddove la natura dei terreni attraversati richieda consistenti opere di sostegno e rivestimento delle pareti del cunicolo, opere da demolire successivamente per realizzare la sezione definitiva di galleria.

L'ipotesi va poi altresì verificata qualora, come è capitato ormai in numerosi casi, la fresa, normalmente usata per

lo scavo del cunicolo stesso, resti bloccata entro di esso per qualche imprevista anomalia del terreno e venga perduta o, nei migliori dei casi, possa essere recuperata ma a prezzo di perditempo anche gravi e di non indifferenti aumenti dei costi.

Diverso naturalmente è il caso in cui al preforo vengano assegnati compiti più ampi di quelli soliti e lo si pensi e progetti, invece, quale componente essenziale e definitiva di un sistema. Cioè, ad esempio, laddove lo si assuma quale galleria di servizio a carattere definitivo, appunto: per la ventilazione della (o delle) gallerie di transito, per il passaggio di cavi e condotte, per l'uscita di emergenza in casi di incendio od altre negative eventualità e così via.

2 - GEOSISMICA

Il costo di un'indagine geosismica è senz'altro irrilevante, se messo a confronto con il costo del cunicolo pilota.

Occorre peraltro essere certi delle indicazioni fornite da tale tipo di indagine, essere certi della loro attendibilità ed anche avere coscienza degli eventuali limiti della metodologia.

L'indagine geosismica per la S.S. 395 venne affidata alla Progeo di Forlì, nota per le tecniche avanzate di cui dispone e, come già detto, con incarico limitato ad una tratta lunga 2.250 m sui 3.950 m dell'intero preforo. Per attuare le peggiori possibili condizioni, inoltre, non furono nemmeno consentite le poche preliminari usuali indagini geomeccaniche di taratura.

Ovviamente l'indagine geosismica è stata effettuata prima dell'inizio dei lavori per il cunicolo pilota e, come viene ampiamente riferito dal Dott. Idio Cappelli, titolare della Progeo, nell'articolo che segue, si è potuta successivamente accertare una esatta corrispondenza fra le risultanze dell'indagine geosismica e le constatazioni eseguite via via che avanzava il preforo.

È da rilevare che la fresa per lo scavo del cunicolo pilota, a progressiva 2.700 m circa dall'imbocco (e cioè 450 m oltre la zona esplorata con l'indagine geosismica), ha in-

teressato una cavità carsica, evidentemente ignota, entro la quale si è inclinata, risultando poi inutilizzabile.

Il recupero del suo relitto potrà avvenire soltanto dopo la realizzazione della galleria vera e propria, di sezione definitiva più ampia di quella del cunicolo.

A conclusione di queste brevi note, vorrei esprimere il convincimento che sia sempre opportuna una indagine geosismica preliminare alla realizzazione di qualsiasi scavo in sotterraneo, cunicolo pilota compreso.

Ciò per la grande attendibilità dimostrata ed i non rilevanti costi che l'indagine stessa comporta.

Mi pare infine utile qui ricordare che, oggi, le più avanzate attitudini geomeccaniche - attualmente poste in opera in ambito internazionale - consentono di effettuare perforazioni orizzontali di piccolo diametro (intorno a 100 mm) ma di notevoli lunghezze. Tale nuovissima tecnica, che potrebbe denominarsi del "microcunicolo pilota" è stata come noto impiegata in affiancamento del cunicolo pilota vero e proprio per la costruzione della galleria di Seikan in Giappone. Essa consente accertamenti geognostici preliminari per regolare l'esecuzione delle opere successive.

Il "microcunicolo pilota" può essere più economicamente realizzato anche "a distruzione di nucleo", con più veloce avanzamento ed anticipo di tempi rispetto alle altre operazioni di scavo.

Nel microcunicolo possono essere inoltrate apposite strumentazioni per la determinazione in situ delle caratteristiche fisico-meccaniche nell'intorno del foro.

È da osservare - come già detto prima, e in concordanza con il parere espresso da vari esperti - che l'esecuzione del microcunicolo, come quella del cunicolo pilota, non esclude l'opportunità di una completa definizione del contesto pianario geostutturale, geoidrico e tettonico in particolare, quale può essere conseguita dalle prospezioni geofisiche: per una obiettiva conoscenza preventiva delle condizioni in cui si dovrà operare per l'esecuzione di qualunque scavo in sotterraneo. E, cioè, per la conoscenza di quegli elementi che si ritengono del tutto determinanti per una corretta progettazione esecutiva.

Verifica esemplare delle metodologie geosismiche per la prospezione profonda

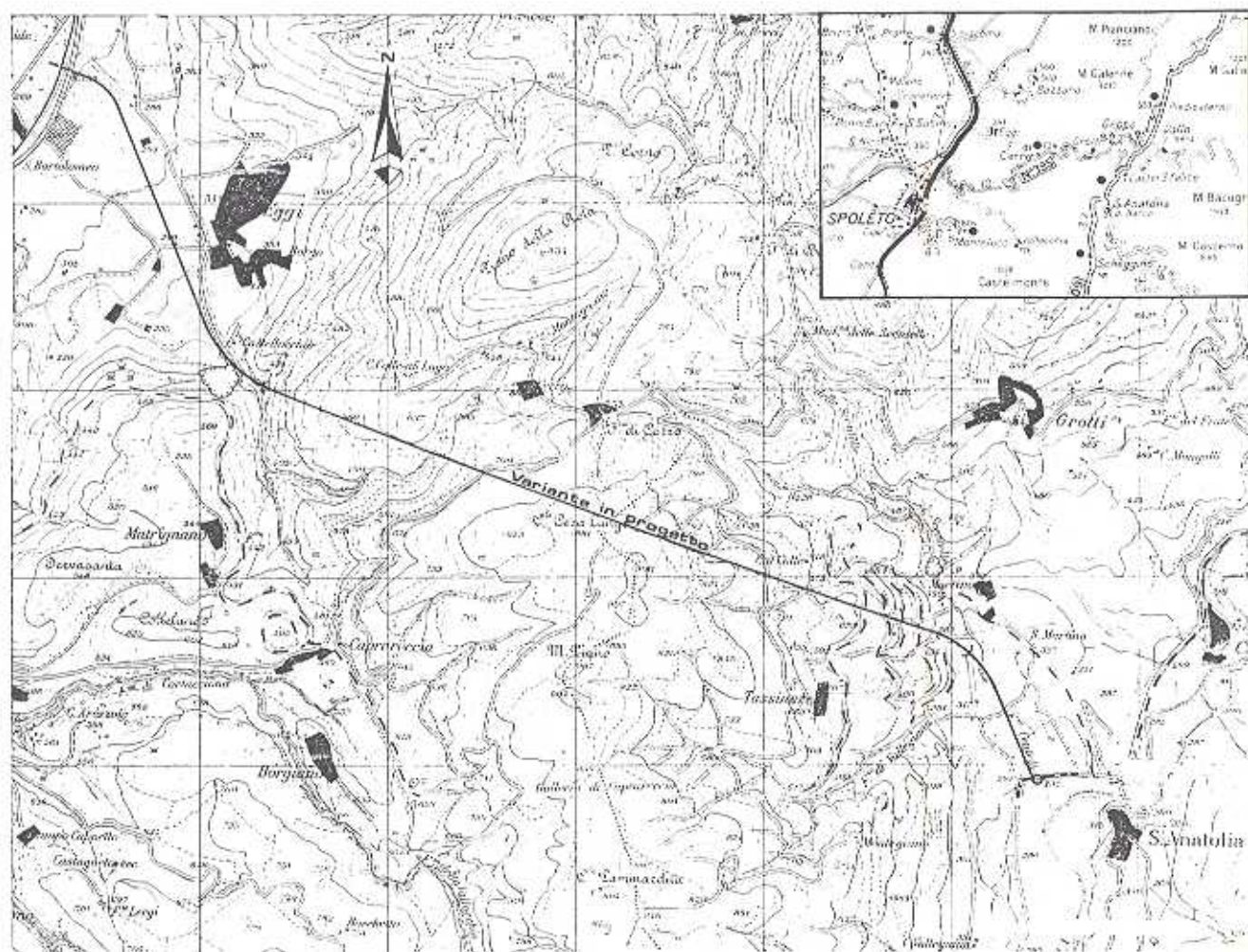
Sistemi integrati per lo studio della galleria di Forca di Cerro (Spoleto)

di Idio Cappelli

INDICAZIONI GENERALI

Tra le numerose campagne di prospezioni geosismiche condotte dalla Progeo per grandi progetti d'ingegneria, e preminentemente per scavi di gallerie, - con documentati esiti positivi in fase di scavo - quella realizzata nel Compartimento A.N.A.S. di Perugia, per la galleria di Forca di Cerro nei pressi di Spoleto (vedasi estratto di mappa allegato), può ritenersi la più significativa per l'insieme delle esigenze e difficoltà immediatamente incombenti sul quadro operativo, che vanno ben oltre l'ardua dimensione della ricerca.

Le condizioni locali pressoché proibitive, per scarsissime possibilità di accesso e l'eccezionale acclività, hanno totalmente impedito l'esecuzione di perforazioni verticali per l'esecuzione di carotaggi sismici di taratura, ed imposto campagne di tiri, con appositi apparati di energizzazione non distruttiva realizzati dalla Progeo, fino a 1700 m di distanza tra punto di emissione e basi di ricezione, per compulsare efficacemente le profondità maggiori di 500 m. Si aggiunga, non ultima, la rilevante complessità geostutturale, sia per la geometria dei piegamenti reali delle formazioni, sia per la cospicua presenza di frequenti fenomeni di dislocazione che interessano profondamente



tutto il massiccio calcareo.

Per superare queste avverse implicazioni si sono dovute impegnare al massimo tutte le risorse tecnologiche e umane disponibili.

In relazione agli eccezionali dimensionamenti della ricerca i necessari collegamenti per la sincronia automatica tra istante d'impatto ed inizio dei tempi di ricezione - escludendosi la visibilità tra centrali di tiro e cabina mobile di registrazione - sono stati realizzati via radio, mediante apparecchiature elettroniche appositamente costruite dalla Progeo.

Si sottolinea inoltre che, data la cospicua profondità d'investigazione, sono state effettuate fino a 10 registrazioni per ogni base sismica di ricezione (costituita da allineamenti di geofoni ad intervalli di 5-10 m), con emissione di energia a distanze progressive.

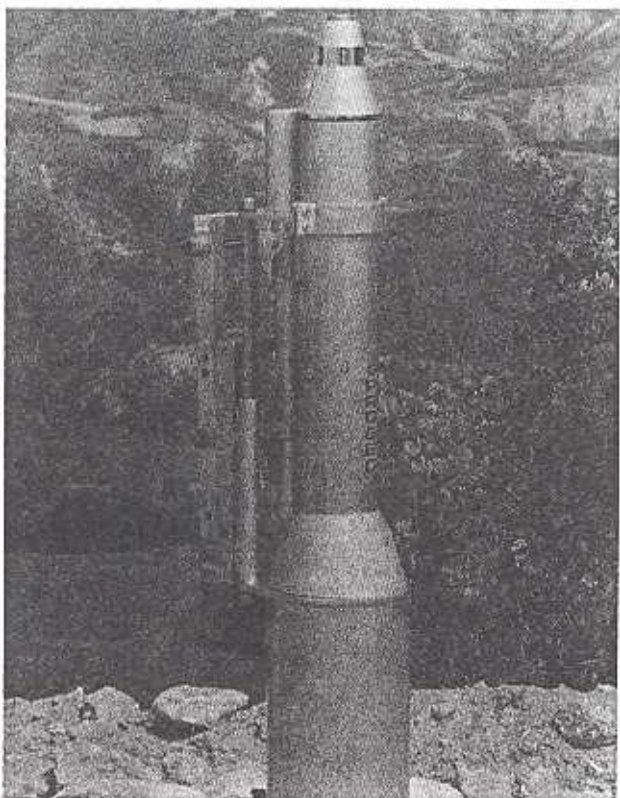
Inoltre si è cercato di conseguire un ulteriore potenziamento dell'indagine integrando le metodologie a rifrazione e riflessione.

I risultati delle nostre prospezioni stratigrafiche - di cui si presenta un estratto, su scala ridotta relativo alla sezione longitudinale di galleria - sono stati verificati con l'esecuzione del cunicolo pilota ottenendo un positivo riscontro (espresso in termini molto probanti nell'allegato attestato). L'indagine geosismica - ovviamente condotta in fase antecedente per la specifica finalità di raffronto con le indicazioni rilevabili entro il cunicolo - fu programmata dal Compartimento per complessivi 4.000 m di prospezioni di cui 2.000 m circa di sezione longitudinale in asse di galleria integrata con rilevazioni trasversali.

Il tratto investigato longitudinalmente ha dunque grandezza tale da poter esprimere pienamente le facoltà sperimentali delle tecnologie impiegate dalla Progeo.

Non è fuori luogo indicare che, oltre tale progressiva, ter-

Foto 1



mine delle indagini, l'imprevista presenza di un grave e complesso fenomeno tettonico ha impedito l'avanzamento dello scavo per il preforo.

Inoltre sulla base di precedenti analoghe esperienze, si coglie occasione per rilevare come nel contesto plenario della configurazione geotettonica ottenuta dalla prospezione sismica possono risultare ben evidenziati certi fenomeni di dislocazione per faglia non rilevabili entro la circoscritta superficie di scavo esposta nel preforo.

Ci sia consentito sottolineare un'occasione esemplare circa la convenienza tecnico-economica ad attivare l'auspicata, opportuna interazione tra prospezione sismica preliminare ed esecuzione del preforo.

Sono successivamente inseriti alcuni sismogrammi tra i più significativi delle capacità sperimentali delle tecnologie Progeo, ottenuti con registrazioni a notevoli distanze dalla sorgente d'energia.

NOTA GEOLOGICA

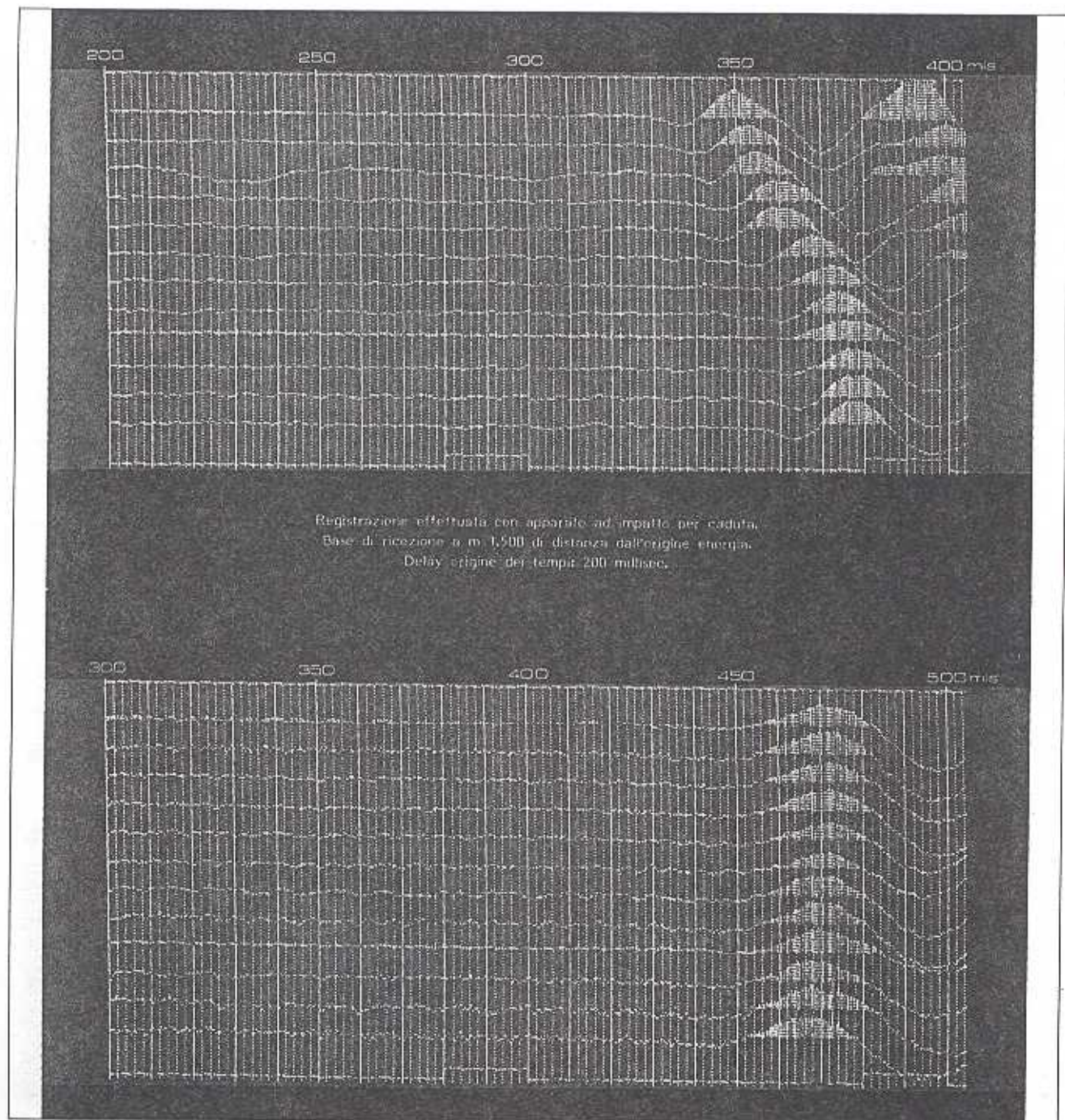
L'assetto geostrutturale della zona compresa tra il crinale di Forca di Cerro ed il fiume Nera risulta nell'insieme piuttosto complesso.

La configurazione strutturale generale è caratterizzata da due pieghe anticlinali asimmetriche con vergenza verso est e linea assiale in direzione N-S, separate da una scaglia tettonica compresa tra piani di faglia molto inclinati.

Le due pieghe - anch'esse interessate da varie dislocazioni - sono costituite principalmente dalla Formazione della maiolica (calcarei bianchi a grana finissima) con stratificazione ben definita e pendenze molto variabili ed accentuate.

La prima struttura, con andamento più ampio e composito si estende tra il crinale di Forca di Cerro e la sella visibile in sezione; la seconda, meno ampia, tra quest'ultima

Fig. 1



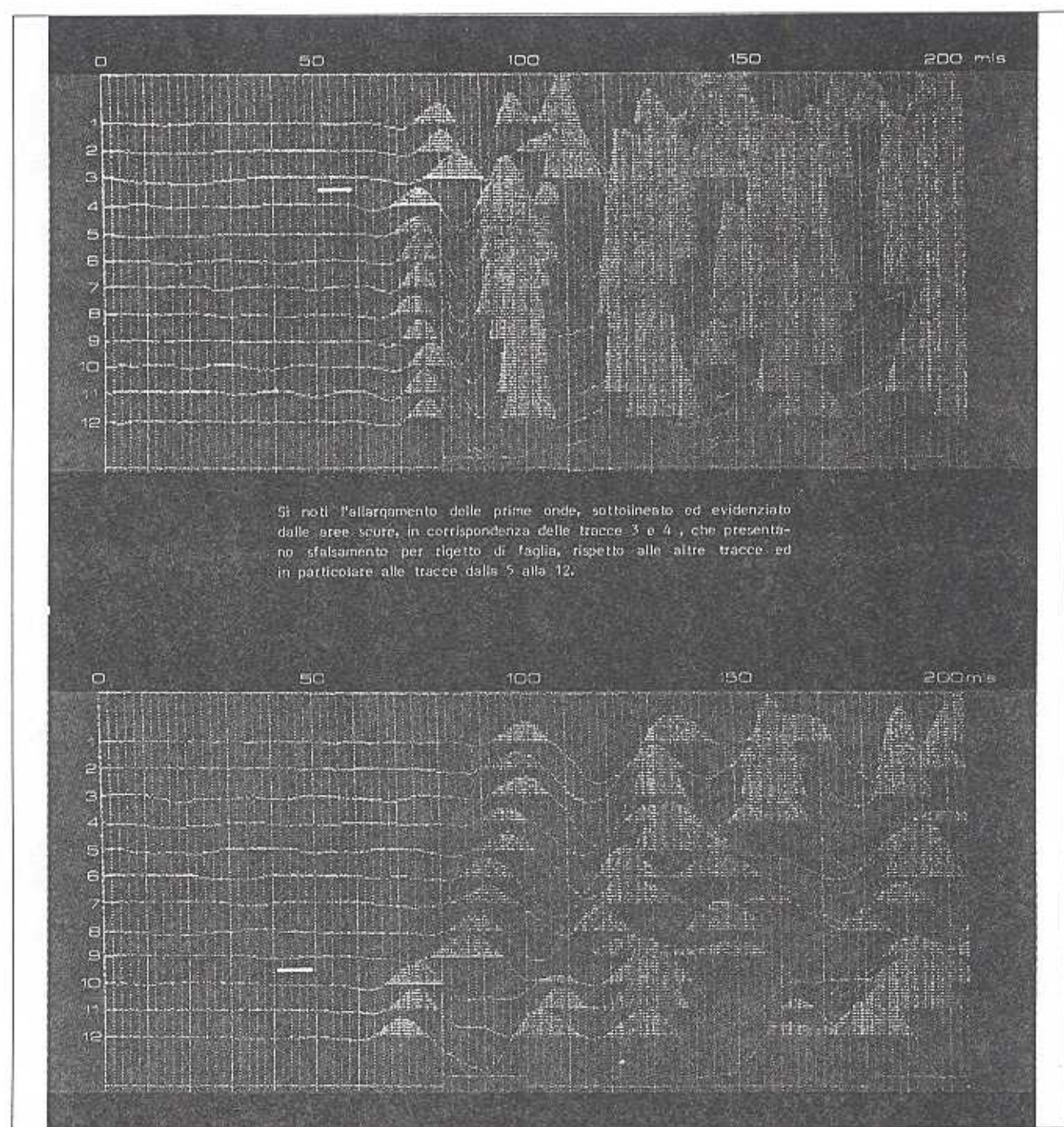


Fig. 2

e la base del pendio fino alla fascia di fondovalle. Il fronte di entrambe le strutture presenta le caratteristiche del sovrascorrimento; nel primo sono interessati solo i materiali della Formazione della Maiolica mentre nel secondo viene coinvolta anche la serie soprastante (Marne e fucoidi - alternanze di argilliti marnose e calcari marnosi -, Scaglia rosata - calcari marnosi rosati con noduli selciferi -, Scaglia cinerea - marne e marne argillose). La scaglia tettonica interposta tra le due pieghe anticlinali è localizzata in superficie in corrispondenza della sella morfologica la quale presenta al suo nucleo i materiali più erodibili della scaglia cinerea. Al sistema principale di pieghe e dislocazioni, con direttrici N-S, è succeduto un sistema di fagliazione, a carattere trascorrente in direzione NW-SE e NE-SW, che ha originato un insieme di blocchi rilevabili in superficie in forma di losanga.

ANALISI DEI FENOMENI DI DISLOCAZIONE

Data la cospicua e frequente incidenza, nelle aree indagate, dei fenomeni di dislocazione - e la preminente rilevanza sugli aspetti esecutivi -, a testimonianza delle attitudini tecnologiche e delle notevoli facoltà sperimentali postulate per la risoluzione di tale complessa problematica, sono riportati due tests di registrazioni esemplari effettuate su settore fagliato. Essi evidenziano in modo suggestivo l'effetto geometrico dell'allineamento dei segnali registrati, imputabile al rigetto di faglia. Infatti, invece di un allineamento dei picchi d'onda delineati dalle tracce sismografiche, con incremento dei tempi pressoché graduale in ragione della progressiva distanza dei rispettivi ricevitori dal punto d'origine dell'energia, i tests di registrazione evidenziano nettamente - in corrispondenza del settore interessato dalla disloca-

zione tettonica - un notevole sfalsamento tra le due branche di allineamenti che vengono così a determinarsi. In particolare il fenomeno di scarto corrispondente al rigetto di faglia è rilevabile sul primo test tra le tracce 9-10. Un fenomeno congiunto, di notevole interesse geognostico attinente all'aspetto anelastico, è quello dovuto all'assorbimento di energia degli impulsi sismici che in maggiore misura si verifica in corrispondenza dei settori cataclastici e quindi in particolare di quelli interessati da dislocazioni per faglia. In tale situazione la dispersione di energia determina un rallentamento dell'escursione dinamica delle tracce relative ai geofoni situati in corrispondenza della dislocazione, ed un conseguente allargamento della sinusoide descritta dalle tracce stesse, come evidenziato dai sismogrammi riportati.

È appena da rilevare l'estrema nitidezza e quindi l'elevata dotazione di energia degli impulsi sismici, per il dettaglio analitico postulato da questa problematica.

A questo proposito va sottolineato che, per l'ottimizzazione dei segnali registrati, scevri di interferenza e di impulsi anormali, è condizione determinante l'esclusione di cariche esplosive, data la notevole incidenza di energia spuria che disturberebbe il fenomeno di propagazione degli impulsi regolari.

Tuttavia è necessario un cospicuo potenziale energetico per elevare inconfondibilmente il livello di risposta, ed in particolare il rapporto segnale/disturbo, al fine di evitare l'elisione dei reali primi impulsi rifratti.

Va infatti considerato che, con questa metodologia, ogni singola traccia fornisce un valore e con esso una indicazione individuante, con maggior grado di sensibilità e di apporto statistico rispetto ai parametri cinematici.

Per soddisfare queste ineludibili esigenze la Progeo - che ha dedicato lunghi studi teorici e sperimentali ai fenomeni di attenuazione - ha realizzato sistemi di energizzazione non esplodenti con notevole portata di tiro.

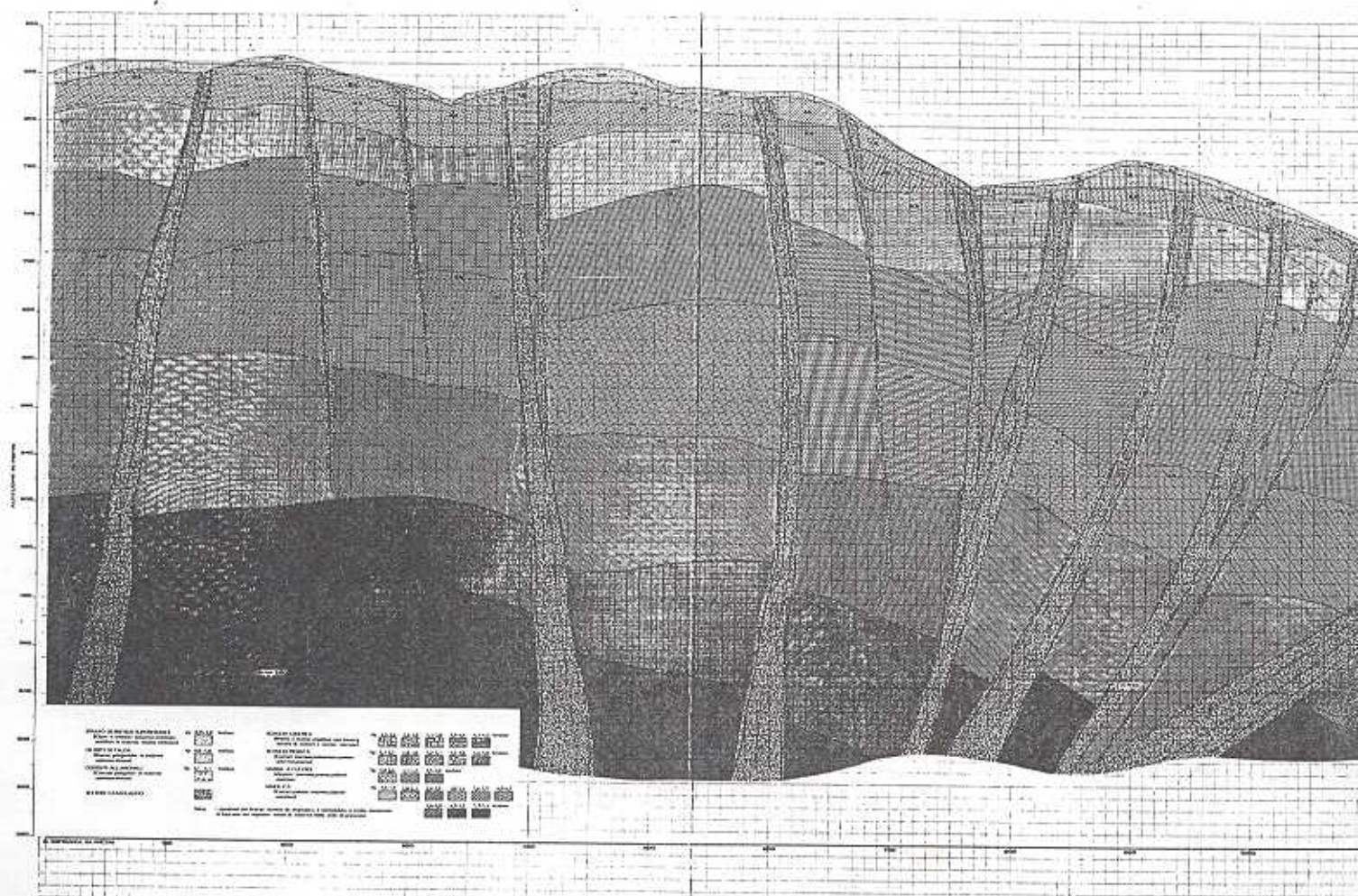
Va infine sottolineato che, oltre al potenziale energetico, determinanti fondamentali per ottimizzare la fase di acquisizione sono i sistemi di convoluzione e deconvoluzione dei segnali, realizzati dalla Progeo con programmi avanzati, che pure in avverse condizioni, possono estrarre e preservare i diversi contenuti in frequenza, per garantire assolutamente la regolare definizione delle strutture sismografiche, con immediata leggibilità dei parametri.

INTEGRAZIONE TRA PROSPEZIONI GEOFISICHE E PREFORO

Si ritiene che lo studio presentato per la galleria di Forca di Cerro (insieme con altri, oggetto di significative attestazioni) possa costituire valida base di riferimento per attingere obiettivi elementi di giudizio sulle facoltà risolutive delle prospezioni sismiche e segnatamente sulle capacità sperimentali delle originali strumentazioni e metodologie integrate della Progeo.

Queste attitudini tecniche e lo snellimento operativo che ne consegue, insieme con convenienza economica, sono ovviamente le premesse imprescindibili e determinanti per elaborare, nel modo più razionale, la definizione dei piani integrati di ricerca e di interventi in cui le metodologie geofisiche abbiano un ruolo prioritario per ottimizzare il progetto e l'esecuzione del preforo, con le possibili previsioni geotecniche.

Non di meno va riconosciuta - oltre l'elevato livello opera-



tivo - tutta la rilevanza dell'impegno tecnico-scientifico dei processi di analisi ed elaborazione con l'apporto di strutture hardware e software specificamente dedicate, che peraltro non escludono l'apporto determinante, alquanto laborioso e complesso dell'interprete: spesso con interazioni successive degli algoritmi di analisi per il conseguimento del più alto grado di dettaglio strutturale. A tale proposito - senza presunzione alcuna - va riconosciuto come procedure alquanto semplificate, basate su criteri piuttosto pragmatici, tenderebbero a far sottovalutare la capacità rilevatrice delle metodologie geofisiche e ad alienarne la funzione premonitrice per l'esecuzione del cunicolo pilota.

Peraltro una significativa convergenza degli attuali orientamenti geingegneristici - a seguito di recenti esperienze - postula l'interazione tra intervento geosismico, geomeccanico ed esecuzione del cunicolo pilota.

Con questi intendimenti possiamo enumerare, come segue, le principali finalità e funzioni di specifica pertinenza microsismica.

1 - Realizzare, con continuità ed elaborata efficacia una rappresentazione stratigrafica dalla superficie topografica fin sotto il piano di galleria per evidenziare la configurazione geolitologica del complesso roccioso ed in particolare le strutture tettoniche nel loro insieme: sistemi di dislocazioni principali e secondarie, determinando con criteri tridimensionali l'orientamento dei piani di faglia, l'entità dei rigetti e delle separazioni orizzontali.

2 - Visualizzare superfici notevoli di discontinuità stratigrafica e fisica, anche insite nello stesso litotipo quali termini di delimitazione di settori degradati. Ovviamente sarebbe assurdo supporre che le sole metodologie basate

su rilevazioni superficiali (quali fotogeologia e rilevamento geologico) potessero assolvere simile compito.

3 - Determinazione degli acquiferi sovrastanti alla galleria e delle interferenze coi sistemi di dislocazione per individuare la presenza di faglie idriche.

4 - Determinazione dei sistemi di fratturazione, per la conseguente permeabilità secondaria che caratterizza la zona.

5 - Analisi del comportamento dinamico e meccanico del complesso roccioso (con sperimentazioni calando sonde entro fori di sondaggio e dalla superficie) per la valutazione dei moduli elastici e di deformabilità.

6 - Determinazione dei valori di velocità di propagazione delle onde di pressione e di taglio polarizzate nei mezzi stratificati con particolare attenzione ai livelli interessati più o meno direttamente dal cavo di galleria. Questi parametri sono essenziali per il calcolo degli elementi di rivestimento in relazione agli incrementi di tensione geostatica in caso di evento sismico nella zona.

7 - Analisi dell'attenuazione intrinseca per la determinazione del *fattore Q di qualità e classificazione delle rocce* integrando con ulteriori specificazioni i risultati delle analisi di velocità. Le indicazioni del fattore di qualità sono particolarmente efficaci e discriminanti per l'individuazione di settori cataclastici e di rocce sature.

Questa metodologia d'avanguardia, che sottende un supporto tecnologico con elevate prestazioni, offre un apporto integrativo di notevole efficacia discriminante circa le caratteristiche intrinseche dell'ammasso roccioso e le sue diversificate condizioni per effetto sia di fenomeni cataclastici, sia della saturazione. Sicché il parametro *Q* - determinabile in funzione della velocità delle onde di

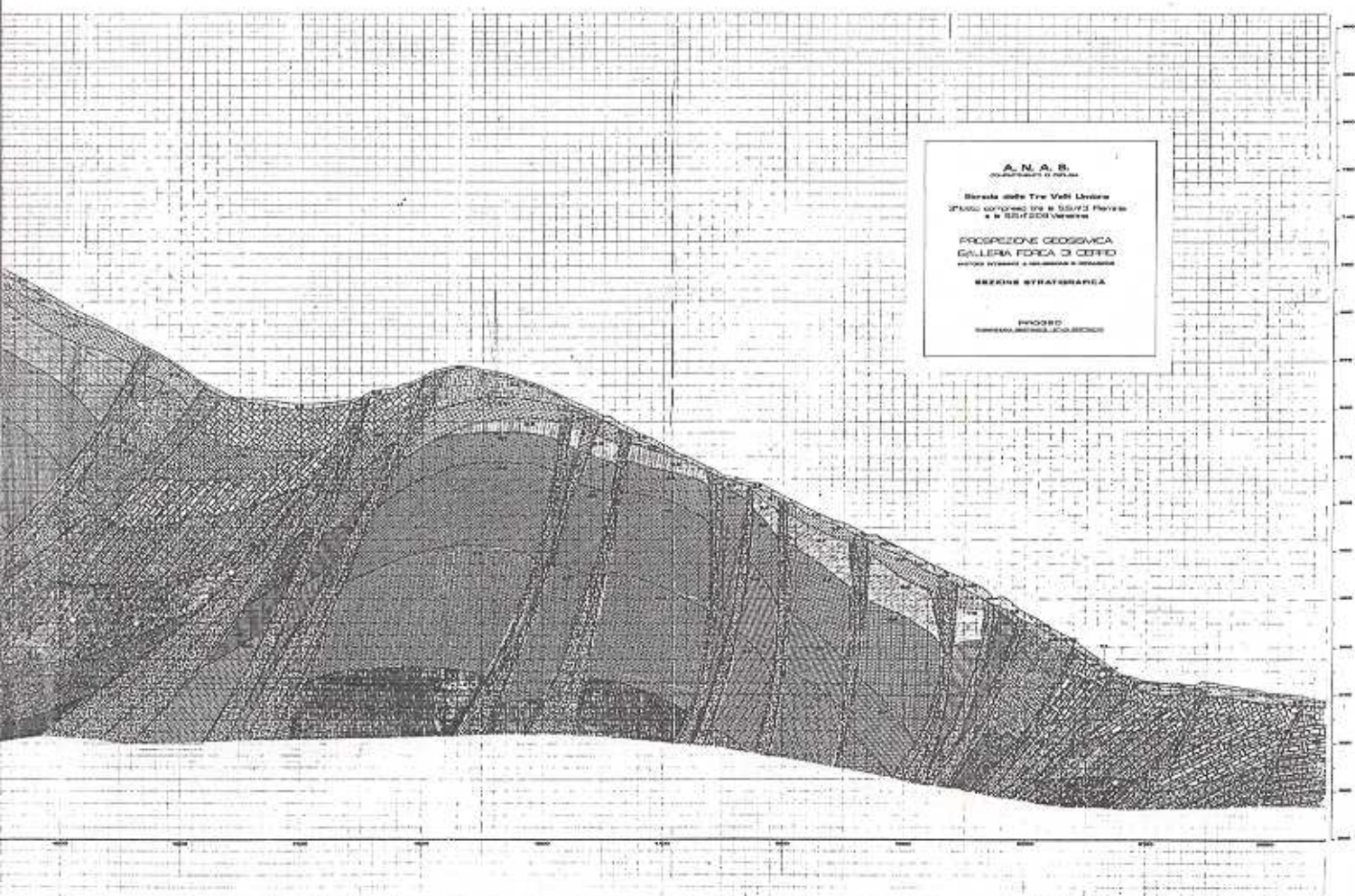




Foto 2

pressione e di taglio - costituisce elemento di primaria funzionalità per una obiettiva caratterizzazione dei materiali, con particolare riferimento agli aspetti della fase esecutiva.

I parametri geotecnici che vengono determinati, oltre a quelli cinematici, per le varie formazioni, sono i seguenti:

Fattore di qualità:	Q
Modulo di elasticità:	E
Modulo di taglio:	G
Rapporto di Poisson:	μ
Densità di volume:	D
Compressibilità:	C

Circa i rapporti di reciproca integrazione tra le acquisizioni conoscitive sui vari fenomeni, derivate dall'intervento geofisico, e gli elementi attingibili in preforo, si riportano alcune considerazioni confermate nei recenti Congressi di Firenze e di Torino sulle problematiche di galleria.

1 - La prospezione sismostratigrafica non è necessariamente sostitutiva del preforo ma consente di fornire opportuni elementi guida sia per il progetto e la valutazione del preforo discriminando le zone di minor resistenza (per faglie, miloniti, cataclasi e carsicità) o con maggiore conducibilità idrica, sia per l'esecuzione stessa del cunicolo pilota con i conseguenti accorgimenti tecnici.

2 - "La conoscenza completa dei fattori geologico-geotecnici richiede non solo l'analisi di ciò che 'si vede' nella galleria, ma la conoscenza di ciò che le sta all'intorno".⁽¹⁾

3 - Dalle ricognizioni effettuabili entro il piccolo diametro del preforo, e per le modalità stesse dello scavo, la roccia potrebbe risultare apparentemente di migliori condi-

zioni di quelle effettive. In particolare - come risulta dall'esperienza - le tracce di dislocazioni intersecanti il preforo possono non essere evidenti sia per i circoscritti limiti della superficie esposta, sia per gli effetti della stessa azione meccanica di scavo.

4 - "L'utilizzo combinato dei vari mezzi di indagine indiretta (sondaggi meccanici, prospezioni elettriche, prospezioni sismiche) porta di norma a notevoli vantaggi in termini di precisione ed attendibilità nella prognosi della geologia e geomeccanica di un progetto in sotterraneo".
"L'indagine geofisica essendo normalmente più economica e più agile rispetto ad altri tipi di indagine, si presta bene quale mezzo di integrazione e di ampliamento della ricerca convenzionale, mentre può risultare determinante, specie in fase progettuale, per l'acquisizione dei parametri geomeccanici relativi alle caratteristiche dinamiche di qualità meccanica e di elasticità dell'ammasso roccioso".⁽²⁾

I sistemi seguenti costituiscono inalienabile e prioritaria base conoscitiva di salvaguardia per stabilire i criteri di fattibilità tecnica. Va infatti considerata l'eventualità che l'insieme delle diverse risultanti che attengono alla progettazione del preforo - evidenziate dalla prospezione sismica - potrebbe configurare aspetti talmente cospicui e incidenze totalmente negative circa la natura e le condizioni dell'ammasso roccioso da pregiudicare l'esecuzione stessa del preforo.

A prescindere da queste ipotesi estreme, è appena da rilevare con quale minima frazione della spesa complessiva esecutiva ci si potrebbe cautelare contro la probabilità di dover fronteggiare oneri ben più rilevanti in fase di realizzazione dell'opera quali il blocco della fresa con prolungate interruzioni ed evenienze non meno onerose in fase posteriore.

Invero l'esecuzione del cunicolo pilota è generalmente segnata dal concorso simultaneo di vari fattori tettonici, idrodinamici ecc., in un complesso processo di molteplici interazioni di cui sarà opportuno darne previsione per i necessari presidi di sicurezza.

Per le osservazioni sopra enumerate si può dunque convenire, ai fini dell'ottimizzazione tecnico-economica, sull'opportunità e la convenienza sia di una preliminare prospezione microsismica longitudinale che offra la possibilità di prefigurare speditivamente le obiettive caratteristiche geotettoniche e litologiche dell'intera zona, sia di integrare le risultanze poi direttamente attingibili dal preforo nel più vasto contesto stratigrafico, corroborato dalle molteplici, significative informazioni sopra indicate.

Ad avvenuta esecuzione del preforo, mediante specifiche e diversificate metodologie microsismiche, installando appositi sensori entro il cavo stesso, possono essere effettuate sia analisi di alto dettaglio sulle diverse condizioni fisico-meccaniche della roccia - discriminando anelli di rilascio, settori degradati - sia rilevazioni basate sull'attività acustica, con attinenza alla dinamica intrinseca (colpi di tensione, fenomeni di microrotture nelle loro fasi evolutive).

LE ILLUSTRAZIONI

Foto 1 - Propulsore ad alto potenziale per energizzazione della superficie.

Fig. 1 - Registros a grande distanza.

Fig. 2 - Registros in zona di faglia.

Foto 2 - "Bolide" Progeo in fase d'impatto.

⁽¹⁾ B. Pigorini - Conferenza al Politecnico di Torino 25-28 Novembre 1986.

⁽²⁾ L. Broili - Conferenza al Politecnico di Torino 25-28 Novembre 1986.