

## GALLERIA PAVONCELLI EVENTI ED INTERVENTI

*Annibale Micheletti\* & Gaetano Di Marzo\*\**

\*Iscritto n° 29 ORG-Puglia - Consulente ex-E.A.A.P.

\*\*Ingegnere Responsabile Tecnico FAVER S.p.A

### 1. PREMESSA

La galleria Pavoncelli è una galleria idraulica lunga 15 chilometri, con inizio a Caposele (AV) e termine in località Padula in agro di Pescopagano (PZ) (*fig 1*); essa rappresenta l'inizio della grandiosa opera idraulica che consente il trasporto verso la Puglia delle acque di sorgente del fiume Sele, meglio conosciuta come *Canale Principale*.

Vicende tecniche di ogni tipo hanno caratterizzato la centenaria storia della galleria e il 2 Gennaio 1999 il repentino rialzo del livello dell'acqua nella galleria Pavoncelli segnalava che all'interno qualcosa era accaduto.

L'Acquedotto Pugliese organizzava prontamente una visita d'ispezione alla galleria per

stabilire la causa del fenomeno.

Si presumeva che a provocare il rigurgito verso monte del livello del pelo libero dell'acqua fosse stato il sollevamento dell'arco rovescio, come già verificatosi in occasione del terremoto del 1980, ma la verità, invece, era un'altra.

### 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'assetto geostrutturale delle formazioni affioranti è molto complesso ed è costituito per lo più da una serie di falde alloctone (*fig. 2*). Fra le unità affioranti nel settore appenninico che la galleria attraversa da sud ovest a nord est si osservano l'Unità Alburno Cervati, le Unità



Figura 1 – Il tratto iniziale della Pavoncelli

Sicilidi, e l'Unità di Ariano Irpino (*sensu* OGNIBEN, 1985).

L'unità Alburno Cervati è costituita prevalentemente da calcari e calcari dolomitici. Il comportamento geotecnico è fortemente influenzato dallo stato dell'ammasso roccioso: da quello di roccia ad elevata compattezza a quello di materiale granulare grossolano. Le Unità Sicilidi sono costituite da litologie riconducibili a marne argillose, argille marnose, argilliti scagliettate intercalate a calcari marnosi e subordinatamente ad arenarie. La peculiare struttura scagliosa determina una forte variabilità nei caratteri meccanici. Altrettanto influenza la plasticità (argille ad alta plasticità) della frazione argillosa. L'unità di Ariano Irpino sono litofacies prevalentemente argillose, e secondariamente sabbioso-conglomeratiche. I campioni più superficiali sono rappresentati da argille e limi con sabbia. La frazione argillosa è per lo più di natura illitica.

### 3. CARATTERISTICHE DEL DISSESTO (IL FORNELLO)

Dalla bibliografia risulta che lo scavo della cosiddetta Galleria dell'Appennino iniziò nel novembre 1906.

Taramelli e Baratta sostennero che *“riguardo al percorso in galleria nessun tratto poteva dirsi roccia costruttivamente buona e che nella costruzione della galleria dell'Appennino si incontrarono arenarie con strati intercalati di calcari marnosi e poi sabbie e argille plioceniche, terreni tutti poco stabili.....”*

La Commissione di collaudo (*Noli, Dompè e Pini*) dei lavori di riparazione del primo tronco del Canale Principale segnalavano, fin dal dicembre 1928, il manifestarsi di fornelli alle progressive chilometriche da Caposele 2+660, 2+856, 3+184 e, quindi, ricadenti nel tratto che è risultato oggetto del dissesto di cui si riferisce (*fig. 3*). L'acqua del Sele era già arrivata a Bari nell'aprile 1915 ed a Brindisi nel 1918, per cui i *fornelli* si sono manifestati con la galleria in esercizio, come nel caso in esame, e presumibilmente in un ambiente lito-stratigrafico

e geostrutturale non molto difforme.

Dall'osservazione diretta della zona dissestata si poté constatare come anche la roccia calcarea apparisse attraversata da un disordinato sistema di fratture, in genere incrociantesi ortogonalmente con i giunti di stratificazione, senza fenomeni di origine carsica (*fig. 4*).

E' pleonastico ricordare che per le gallerie non basta aver riguardo alla natura della roccia ed ai suoi parametri geotecnici, ma anche alla disposizione giacitura della stessa.

Le bancate argillose e calcaree affioranti nelle pareti del fornello (*fig. 5*) hanno giacitura a 'franappoggio' ed inclinazione di  $25^{\circ} \div 30^{\circ}$  in destra idraulica; conseguentemente in sinistra sono a 'reggipoggio', quindi stabili e non spingenti.

A seguito delle variazioni dello stato tensionale per la presenza di acqua, per l'attività sismica o per entrambi i fattori, i terreni hanno iniziato a deformarsi agendo su tutto il piedritto destro e sulla calotta sino in chiave.

Il processo di scorrimento si può assimilare ad un processo di estrusione: la resistenza allo scorrimento in corrispondenza degli interstrati inclinati è venuta meno e gli sforzi prodotti sulla parete destra del tunnel hanno causato il cedimento, o collasso, di circa 8 m di piedritto e di calotta, entrambi realizzati totalmente in mattoni.

Tutto il tratto realizzato in mattoni, per circa 40 m, era manifestamente in crisi statica ed essendo in ambiente sottoposto ad accentuata evoluzione geodinamica il rischio di altri crolli, nella zona interessata, era molto elevato.

La galleria rientra in una zona epicentrale di terremoti del IX-X grado della scala Mercalli ed in essa i principali meccanismi di danneggiamento dovuti ai sismi sono stati ripetitivi e rappresentati da rotture con sollevamenti dell'arco rovescio, schiacciamento dei piedritti e della calotta, franamenti e formazione di fornelli.

Il fornello, o cavità a cupola, verificatosi al km 3+950 ha sicuramente causato una decompressione dell'ammasso al contorno del cavo e la resistenza all'interfaccia fra argilla e calcare è diventata presumibilmente nulla.



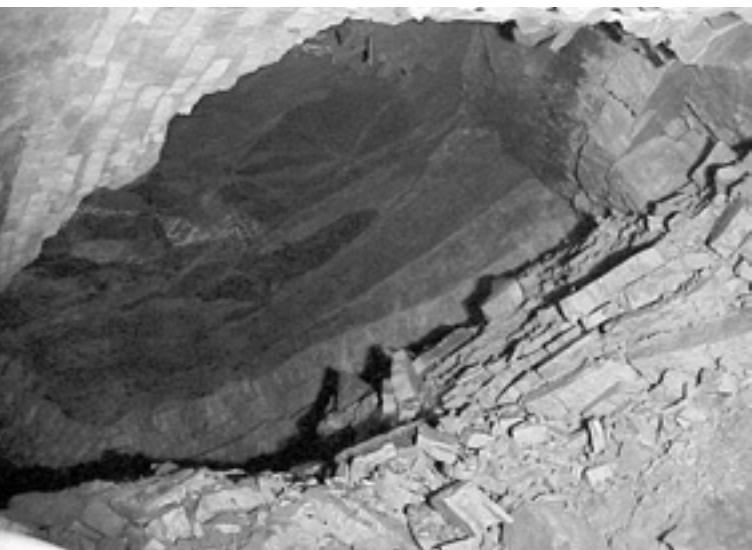


Figura 3 – La cupola del fornello



Figura 4 – Calcari marnosi fratturati



Figura 5 – La giacitura in destra idraulica

liche di forma policentrica a corpo chiuso (figg. 6 e 7) da porre in opera con interasse di 50 cm nei tratti di Canale fortemente dissestati, con funzione di consolidamento del rivestimento esistente, e con interasse di 30 cm nel tratto del fornello, al fine di ricostruire anche la sagoma primitiva del Canale.

Per tutto il tratto interessato dal fornello, un'opportuna cassetatura tra centina e centina e per tutta la sezione ha consentito l'esecuzione di getti successivi di calcestruzzo per ripristinare la sagoma e la tenuta idraulica.

Il riempimento dei vuoti a tergo del nuovo rivestimento metallico è stato eseguito anch'esso con un conglomerato superfluido che si è miscelato al materiale franato ed ha consentito la saturazione del cavo creatosi a seguito del crollo.

#### 4. PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI

Decretata la *somma ed imperiosa urgenza* con provvedimento Commissariale, le strutture tecniche dell'Acquedotto Pugliese svilupparono con tempestività un progetto esecutivo che definisse gli interventi da effettuarsi per riabilitare la funzionalità statica ed idraulica della Galleria Pavoncelli, sia nel tratto interessato dal crollo (km 3+950) che nel tratto oggetto di un sollevamento dell'arco rovescio fino ad oltre un metro (km 7+600).

La soluzione finale adottò anche le proposte del Consulente Geologo e definì il dettaglio costruttivo delle centine da installare nei tratti dissestati, verificando che ogni possibile azione esterna risultasse contrastata dalla blindatura della galleria.

La centinatura ricalcò una tipologia già adottata in occasioni precedenti dall'Acquedotto per risolvere analoghi dissesti, ad ulteriore conferma della validità di siffatta scelta tecnica.

I due dissesti richiesero forme costruttive diverse a causa della differente sezione muraria del manufatto.

Stabiliti i contenuti tecnici degli interventi da appaltare, l'attenzione dei Progettisti e del

Consulente Geologo si soffermò sugli aspetti della sicurezza del cantiere: esaminati e valutati i rischi connessi alle lavorazioni in galleria, alle movimentazioni, al possibile inquinamento dell'aria, alla necessità di lavorare in acqua e senza l'ausilio di particolari macchine o attrezzature si predispose un dettagliato *Piano per garantire la sicurezza del cantiere*.

L'appalto dei lavori di ricostruzione e rafforzamento dei tratti dissestati della Galleria Pavoncelli, a seguito di una gara ufficiale cui parteciparono numerose Imprese di rilevanza nazionale, venne affidato all'impresa FAVER di Bari, preferita per la proposta tecnica ed organizzativa presentata e per il tempo di esecuzione indicato per completare i lavori.

Una proposta convincente, quindi, scaturita dall'esperienza acquisita dalla stessa Impresa per aver fronteggiato già in diverse occasioni problematiche simili in diverse gallerie idrauliche gestite dall'Acquedotto Pugliese.

L'emergenza non ammette ritardi, si sa, e mentre l'Ente appaltante predispone un piano di restrizioni nella distribuzione idrica e avvia la realizzazione di opere propedeutiche necessarie a minimizzare l'impatto della chiusura del suo vettore idrico principale, la FAVER costruisce le 182 centine necessarie e realizza nuovi locomotori e carrelli per supportare i trasporti da effettuare in galleria.

La stessa impresa prova i sistemi di trasporto e pompaggio, costruisce quadri elettrici ma soprattutto studia l'organizzazione da dare al lavoro.

## 5. ESECUZIONE DEGLI INTERVENTI

Centinare una galleria idraulica significa, soprattutto, lavorare in un ambiente sempre bagnato ed in spazi molto limitati. Il principale problema è il tempo, che si dilata in modo impressionante rispetto a quello cui si è abituati lavorando all'esterno. Si impiega molto tempo per trasportare, per soccorrere, per visitare, per raggiungere e abbandonare il posto di lavoro: prima di spingersi in galleria è con lui che bisogna fare i conti. La velocità media di un

locomotore non supera i 3 km/h se la rotaia è perfetta.

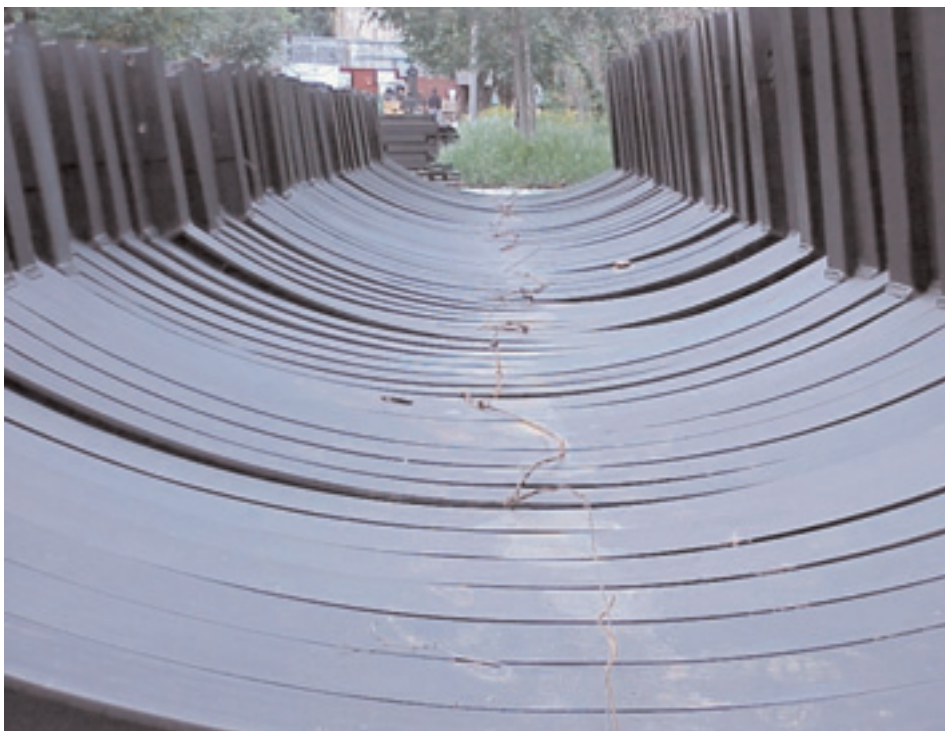
Trasporti, comunicazioni, gestione delle emergenze (incendi, malori, soccorsi) e miglioramento delle condizioni di lavoro, lavorando in galleria, significano organizzazione, senza la quale ogni programma finisce per saltare. Gli uomini hanno la parte principale in questo scenario: chi dirige, chi opera, chi supporta il lavoro che si svolge all'interno non può che pensare al plurale, perché l'errore o la dimenticanza dell'uno significa un danno o un rallentamento per gli altri. I lavori, iniziati il 19 aprile del 1999, si sono sviluppati con la prevista regolarità e si sono conclusi prima dei 20 giorni stimati in fase di previsione.

L'esigenza di ridurre il disagio per la popolazione, continua preoccupazione dell'Ente gestore ma anche della società FAVER che di queste emergenze ha sempre avuto grande consapevolezza, ha portato a sviluppare il massimo sforzo per guadagnare ulteriormente tempo. Di questo sacrificio, ancora oggi bisogna dare atto alle maestranze impegnate, quasi cento addetti, disposti come sono stati a contribuire alla risoluzione di un problema con una così grave ricaduta sulla popolazione.

Stante l'allagamento della Pavoncelli a causa del "fornello" fu attrezzata la 'finestra' di Minuto, al km 2+500, (*fig. 8*) unica discenderia intermedia ma di piccole dimensioni, per pompare subito all'esterno quasi tutto il volume invasato. Per realizzare un sollevamento elettrico dell'acqua fu costruita una linea di alimentazione ed una condotta preme di mandata verso l'esterno.

Nel seguito la discenderia fu utilizzata per estrarre ed introdurre materiali, attrezzandola opportunamente con argani e impianti di comunicazione.

Analogamente fu attrezzata l'altra discenderia disponibile, a Cocumella (km 10+675), nel Comune di Conza della Campania. Da quest'ingresso si organizzarono i trasporti e gli accessi per la riparazione del dissesto al km 7+600 e l'arrivo dei materiali da valle per il dissesto principale. I lavori seguirono in pieno ed in dettaglio le previsioni tecniche progett-



*Figura 6* – Le centine approntate



*Figura 7* – Le centine in opera

tuali sviluppandosi, come dichiarato, a ciclo continuo su più turni per 17 giorni consecutivi.

Visti i tempi di fuori servizio dell'infrastruttura l'Acquedotto Pugliese esercitò non solo attività di controllo tecnico per i lavori in corso, ma anche attività esplorativa e di rac-

colta dati per classificare ulteriori situazioni di rischio, fattivamente coadiuvata dalla Direzione tecnica di cantiere e dal Consulente Geologo (*fig. 9*). La presenza costante delle figure direttive dei lavori contribuì ad ottimizzare le decisioni operative, così importanti in lavori di manutenzione di questo tipo (*fig. 10*).

Figura 8 – La finestra di Minuto



Figura 9 – L'ambiente di lavoro all'interno

*“Oggi che l'Acquedotto Pugliese è costruito e funziona regolarmente, portando acque fresche e salubri a una regione intera, ed ha dimostrato di resistere bene ad un terremoto rovinoso che ha fatto vittime umane fin nei suoi pressi, è doveroso rendere omaggio a tutti quei tecnici che opposero il loro sereno e preciso giudizio – frutto di*

*conoscenza diretta del problema – alle nostre critiche mosse al progetto, tanto più preoccupanti quanto più alta era l'autorità scientifica di coloro che le facevano.”*

*(Dott. Ing. Pietro Celentani Ungaro - Direttore dell'esercizio dell'E.A.A.P. - Settembre 1931.)*

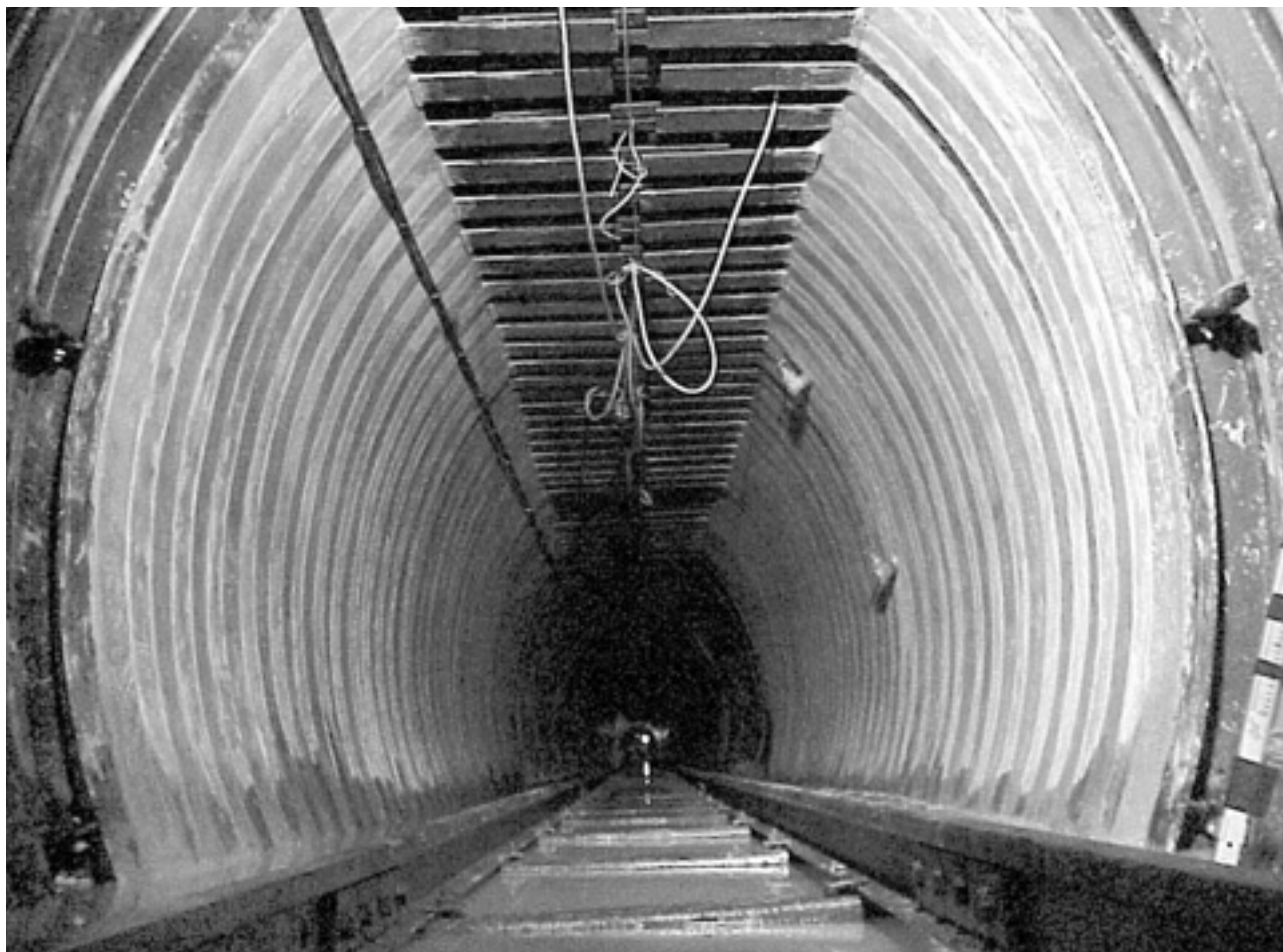


Figura 10 – Il tratto del fornello a lavori completati

## BIBLIOGRAFIA

COTECCHIA V., MONTERISI L. & SALVEMINI A. (1996) – *Condizionamenti geologici e geotecnica nella realizzazione della Galleria di Valico Caposele-Conza della Campania del Canale Principale dell'Acquedotto Pugliese*. Geologia Appl. e Idrog. Vol. XXXI. Bari

ENGINEERING (1929) – *L'Acquedotto Pugliese – Italia Meridionale*. Bedford street, n. 35 – 36, W.C.2, Londra

FAVER SPA (1999) – *Relazioni tecniche*

HIEKE MERLIN O., LA VOLPE L., NAPPI G., PICCARRETA G., REDINI R. & SANTAGATI G. (1971) - *Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 – F. 186 "S. Angelo de' Lombardi"*. Servizio Geologico d'Italia

MICHELETTI A. (1999) – *Acquedotto del Sele-Calore*. Rendiconto tecnico-geologico dei dis-

sesti rilevati nel Canale Principale dell'EAAP Bari

NOLI A., DOMPÈ & PINI G. (1928) - *Acquedotto Pugliese I° tronco del Canale Principale* – Commissione di collaudo. Roma

OGNIBEN L. (1985) – *Relazione sul modello geodinamico conservativo della regione italiana*. ENEA