



**Società Italiana Gallerie**

Italian Tunnelling Society

**Convegno in onore di “Santa Barbara”**

***3° Lecture Adolfo Colombo***

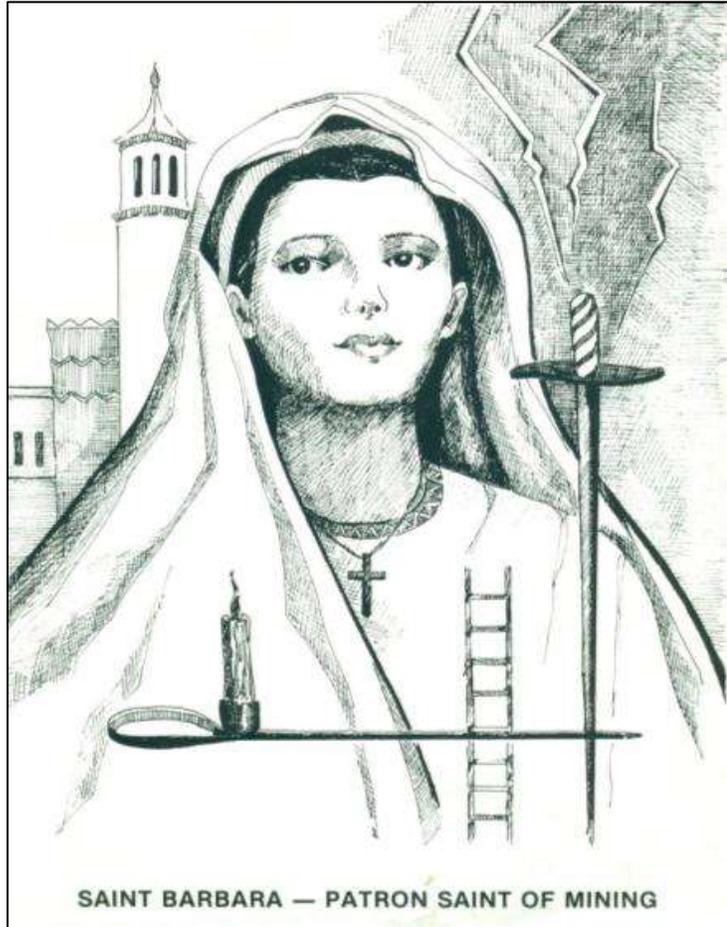
**LA STORIA DELLE GALLERIE**

Sebastiano Pelizza

Politecnico di Torino

venerdì 4 dicembre 2020  
in diretta sul canale youtube

## 4 DICEMBRE – VIVA SANTA BARBARA



moderna immagine americana (USA)



*La mia mamma  
sempre me lo diceva  
di stare lontano  
dalla miniera.*

*Ma io testardo  
sempre ci sono andato  
finché la mina  
mi ha rovinato.*

*Oh! Santa Barbara  
prega pei minatori  
sempre in periglio  
della lor vita.*



dal sacro al profano!



Piccolo Ostrakon egiziano di pietra calcarea (10,5x16,8cm) risalente al Nuovo Regno (1291-1076 A.C.) 19<sup>a</sup>-20<sup>a</sup> Dinastia, rinvenuto nelle discariche di Deir el-Medina, conservato al Museo Egizio di Torino

Struggente figurina di danzatrice egizia. Oggi potrebbe simboleggiare un'affascinante galleria! Pelizza la designa come ammirevole simbolo del bel e ben costruire gallerie

... studiamo la storia «... perché le imprese degli uomini col tempo non siano dimenticate»  
*Erodoto (Historiae)*

DA TEMPO IMMEMORABILE GLI UOMINI (MI SCUSO CON LE SIGNORE MA QUI BISOGNA  
PROPRIO PARLARE DI FORZA BRUTA) HANNO SCALPELLATO E MARTELLATO LA CROSTA  
TERRESTRE PER ANDARE IN SOTTERRANEO:

- PER SEPPELLIRE I MORTI,
- PER ATTACCARE DI SORPRESA I LORO NEMICI O Distruggere le loro difese,
- PER ATTIVARE L'ESTRAZIONE DI MATERIALI, MINERALI E METALLI PREZIOSI IN MINIERA,
- PER TRASPORTARE PERSONE O RISORSE NATURALI VITALI, COME L'ACQUA, IN MODO DIRETTO E MENO COSTOSO,
- LOTTANDO CONTRO NUMEROSE E VARIE DIFFICOLTÁ: MADRE NATURA, COME I «MINATORI» L'HANNO QUI INCONTRATA, È STATA PIÚ MATRIGNA CHE MATERNA,
- PER SOPRAVVIVERE.

QUALUNQUE SIA STATA LA RAGIONE DELL'OPZIONE SOTTERRANEO  
ESSA RAPPRESENTA UN SIGNIFICATIVO PASSO AVANTI DELLA CIVILTÁ

Due parole presiedono all'evoluzione della civiltà: «scoperta» ed «invenzione», considerate come processi mentali:

l'uomo può scoprire quello che già c'è in natura;

creando invece prodotti differenti da quelli che la natura mette a disposizione, l'uomo ha di fatto inventato utensili di lavoro, strumenti e macchine, unitamente a sistemi di materializzazione dello spirito artistico.

Sulla base di questi concetti mi sembra significativo porre l'origine della Storia delle Gallerie nel periodo 1857-1871:

**Periodo della costruzione del Traforo Ferroviario del Fréjus.**

Le grandi gallerie che hanno fatto la Storia

sono nate con la costruzione della prima Galleria delle Alpi o del Monte Cenisio, presto poi chiamata Traforo del Fréjus, di 12233 m tra gli imbocchi delle direzionali, perforata dai due imbocchi tra il 1857 (30 agosto) ed il 1870 (25/26 dicembre).

Ciò che cade prima del 1850 è **PREISTORIA** delle gallerie  
mentre ciò che cade dopo è **STORIA**

In questo breve limbo temporale durante i primi 50 anni del XIX secolo, ci sono stati i fallimenti di due idee che ritengo geniali per la costruzione delle gallerie ed entrambe per lo stesso motivo: la mancanza in quel tempo di energia industriale facilmente maneggiabile.

Voglio dare molto risalto a questi due fatti, perché anche se sono targati dal fallimento, hanno aperto la mente a due tecnologie che sarebbero poi esplose più di un secolo dopo:

- lo scudo cilindrico autoperforante di Marc Brunel per lo scavo della prima galleria subacquea al mondo: il sottopasso carrabile del Tamigi (1818);
- la macchina di scavo in roccia evitando l'uso di esplosivo (allora era polvere nera) ideata da Henri Maus per lo scavo del cunicolo d'avanzamento del Traforo ferroviario del Fréjus (1854)

# SCUDI CIRCOLARI INVENTATI DA MARC BRUNEL NELLA PRIMA META' DEL 1800

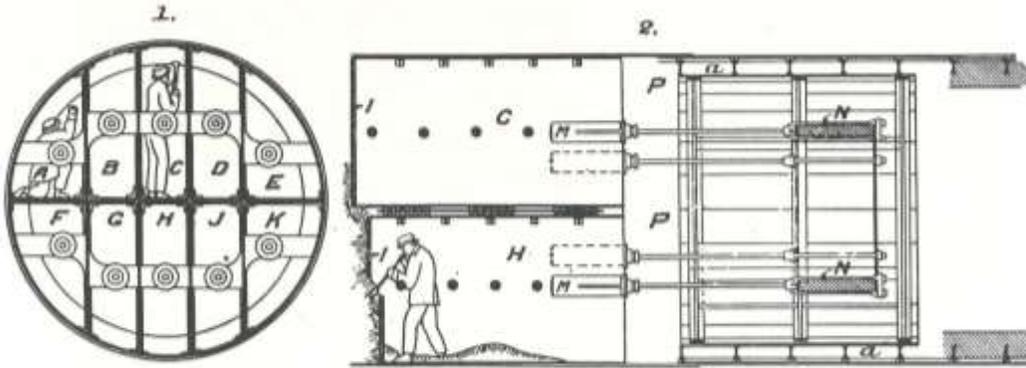
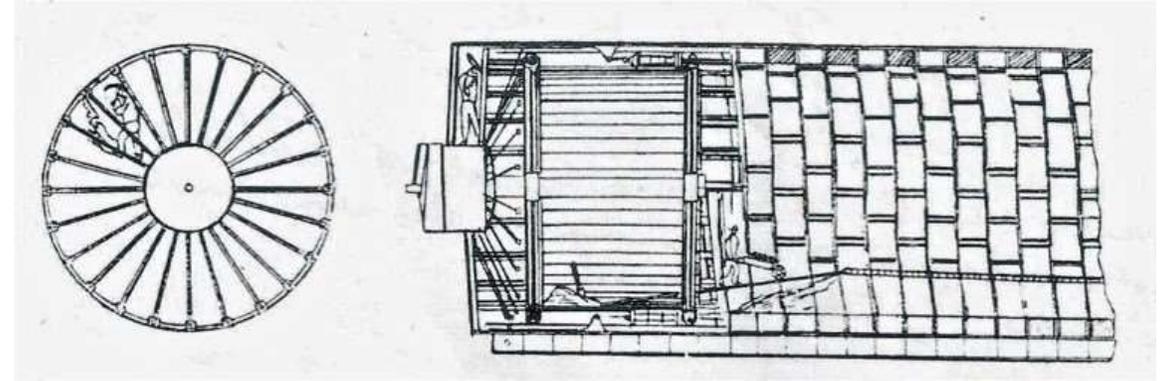


FIGURE 3. Sir Marc Brunel's patent for a circular shield. (Copperthwaite)

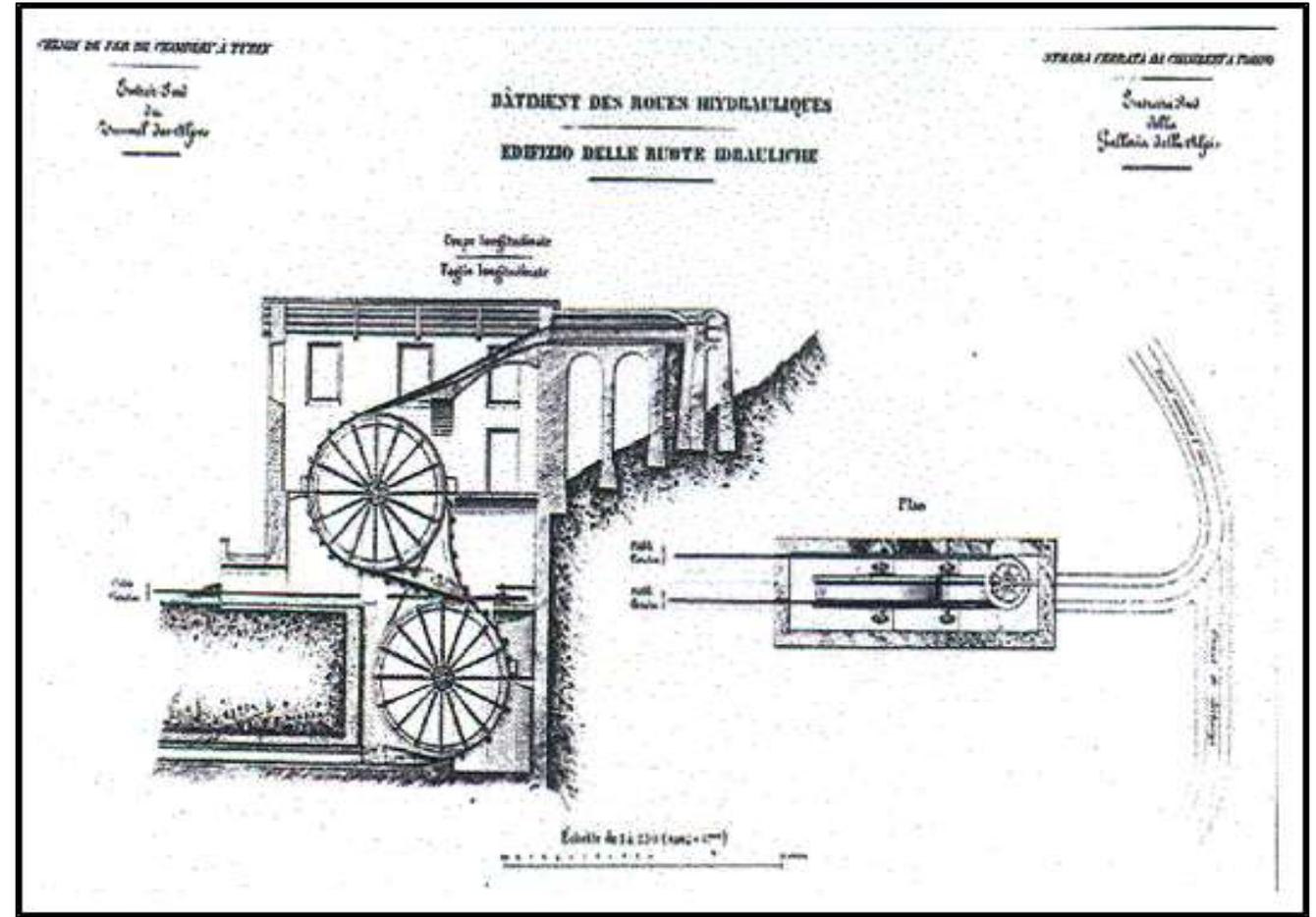
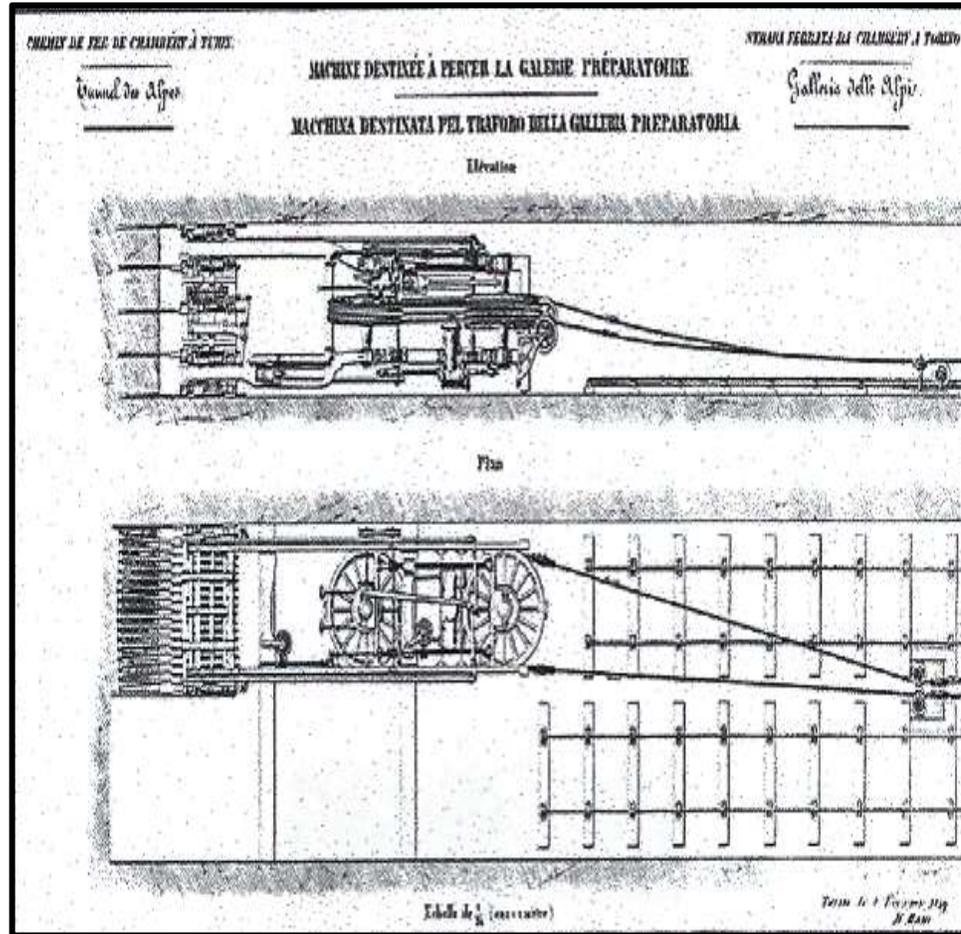


Prime geniali idee di scudi cilindrici (Marc Brunel).

Lo scudo di destra ha una testa di scavo rotante con costruzione del rivestimento istantaneo in conci.

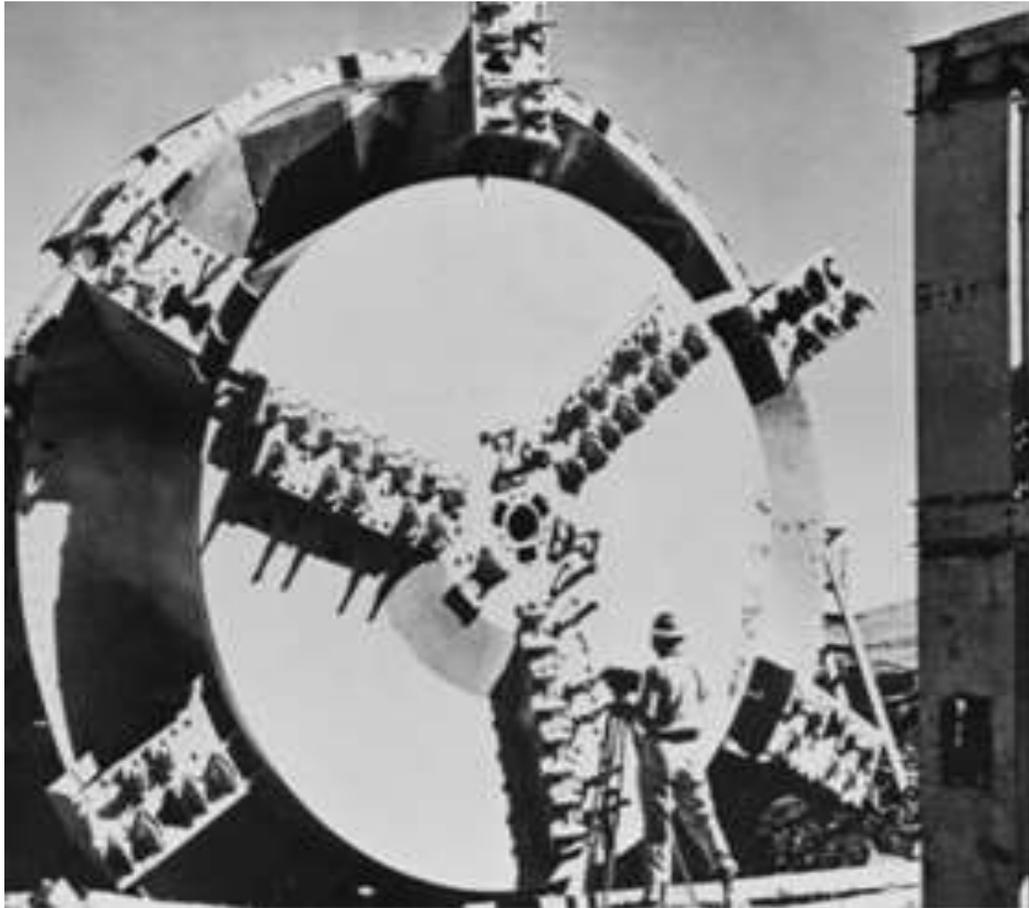
Questo modernissimo prototipo non poté lavorare in galleria perché a quel tempo l'unica energia industriale era il vapore che non aveva sufficiente potenza per far girare la testa di scavo

# 1854 - MACCHINA DI SCAVO DI HENRI MAUS



La macchina di scavo per il Fréjus di Henri Maus: la prima TMB da roccia, che ha funzionato in un campo prova, ma che poi non ha potuto operare in galleria a causa delle insormontabili difficoltà di energizzazione. Dovranno passare 100 anni perché venga costruita la prima TBM da roccia

# 1953 – LA PRIMA TBM DA ROCCIA

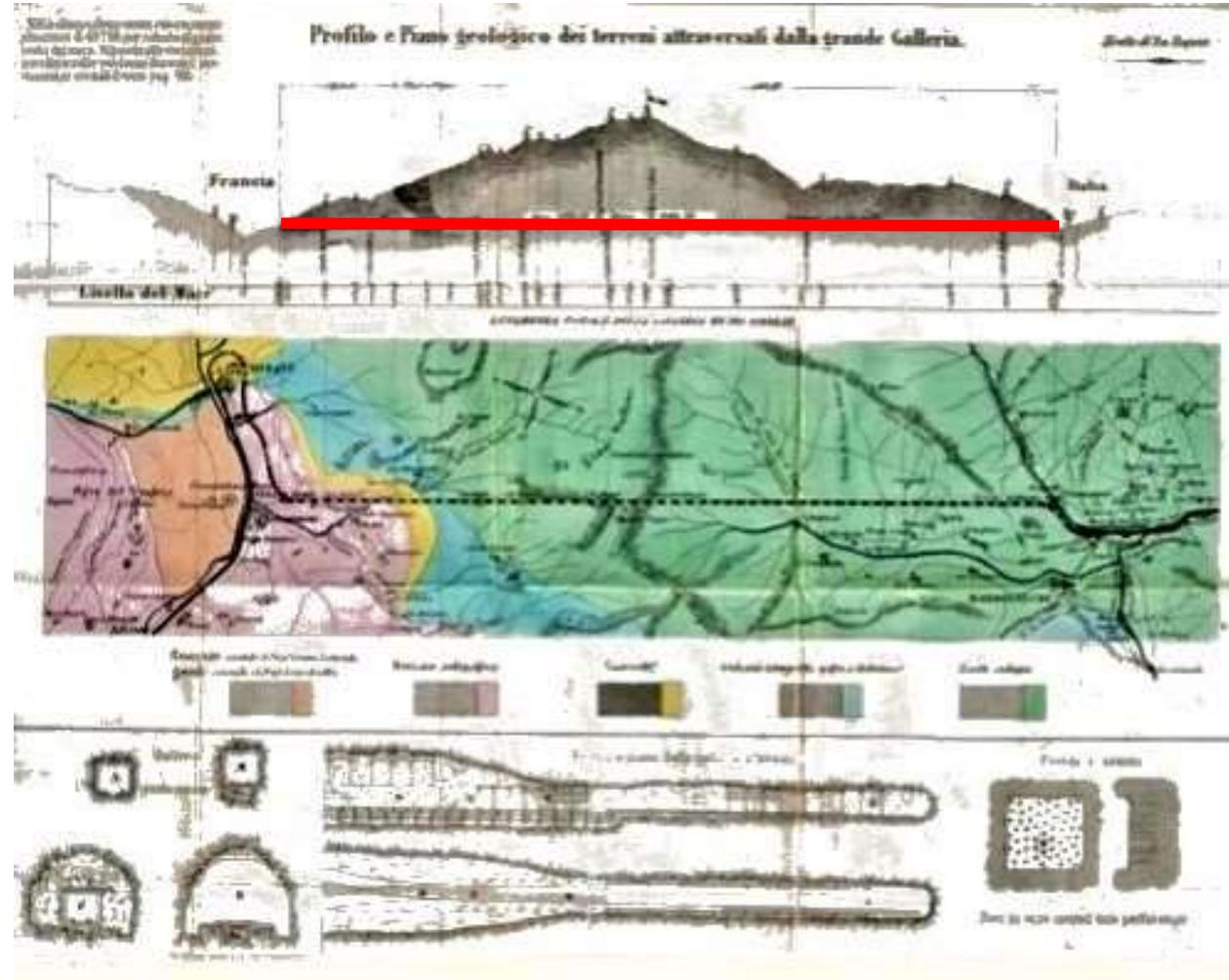


Modello 910-101 di TBM progettata da James S. Robbins & Associates nel 1953. La macchina (diametro di 8 m) è stata utilizzata a Oahe Dam nel South Dakota (Cortesia della Robbins Co.)



James Robbins

# 150° ANNIVERSARIO DEL TRAFORO FERROVIARIO DEL FREJUS (31 agosto 1857 – 17 settembre 1871)

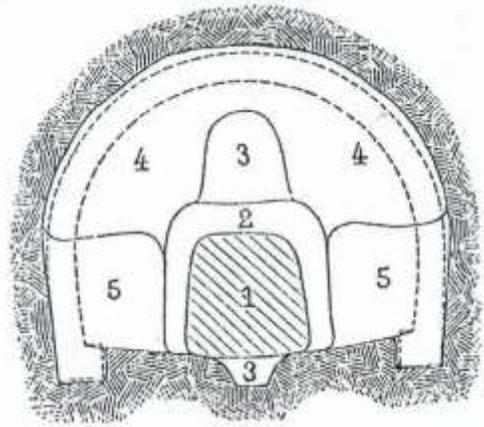
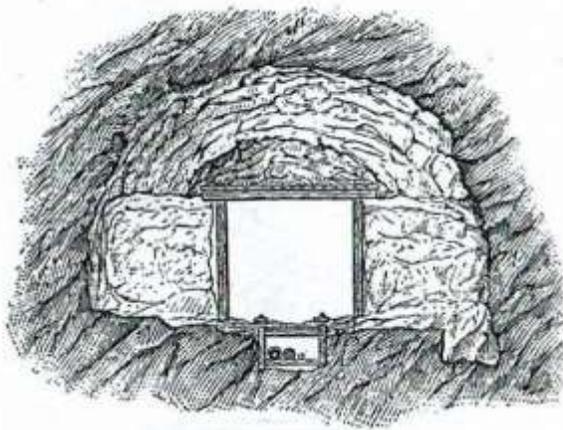
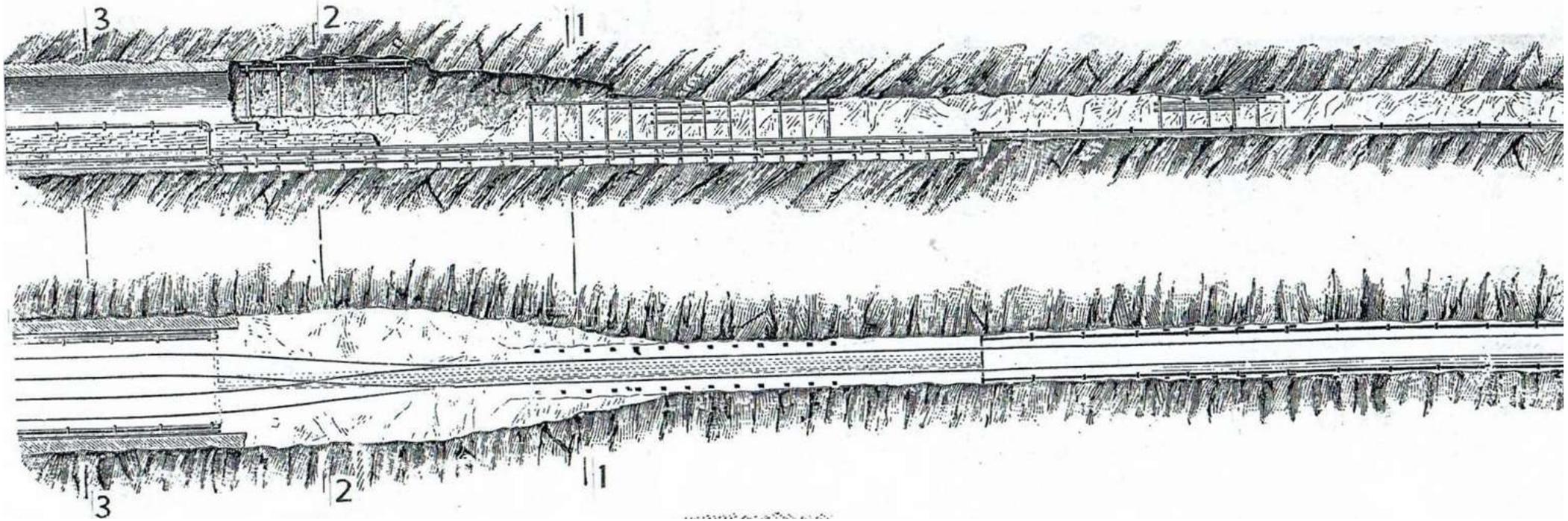


Scavo da nord →

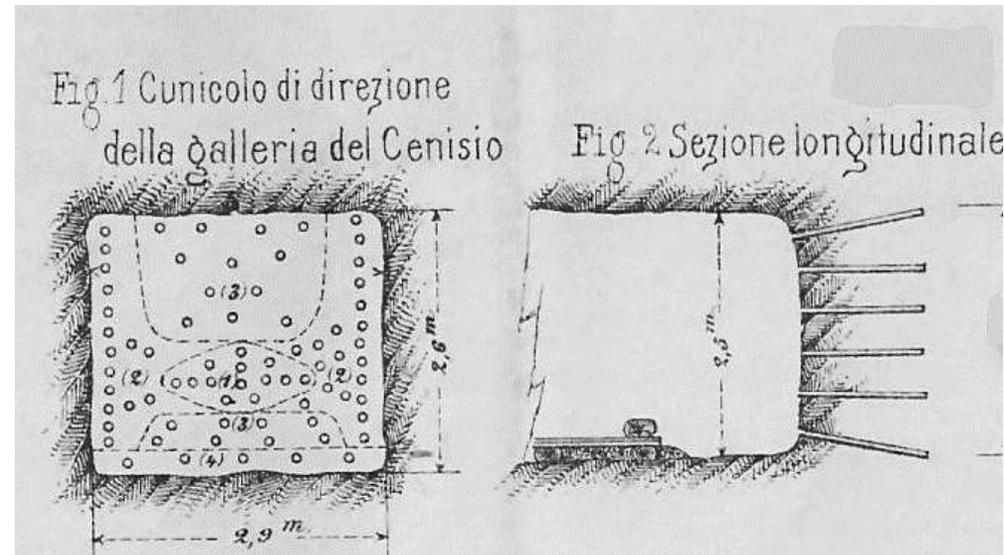
12233 m tra gli imbocchi delle direzionali  
13636 m lunghezza totale

← Scavo da sud

# COSTRUZIONE DEL TRAFORO FERROVIARIO DEL FREJUS



1- Cunicolo di avanzamento



# COSTRUZIONE DEL TRAFORO FERROVIARIO DEL FREJUS

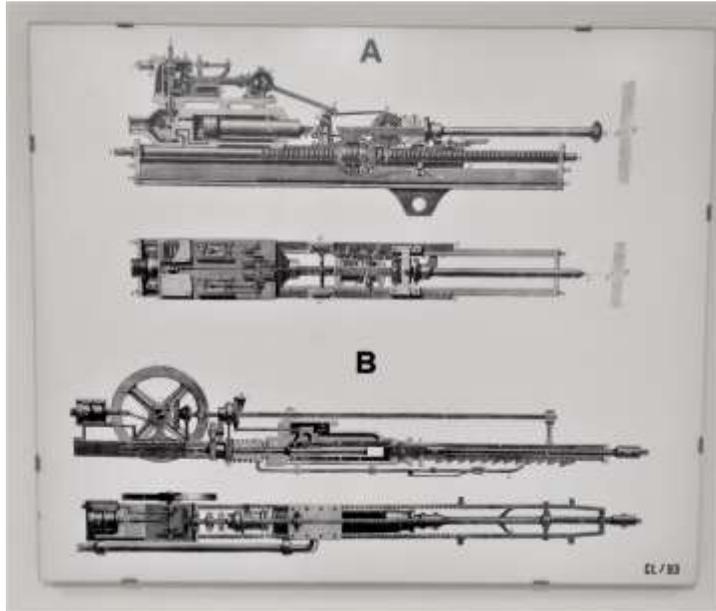
## perforazione a mano dei fori di mina dal 1857 al 1862



esplosivo: polvere nera, usata per l'intera galleria;  
la dinamite, inventata da Alfred Nobel nel 1867  
fu rifiutata dai minatori perché la temevano

# COSTRUZIONE DEL TRAFORO FERROVIARIO DEL FREJUS

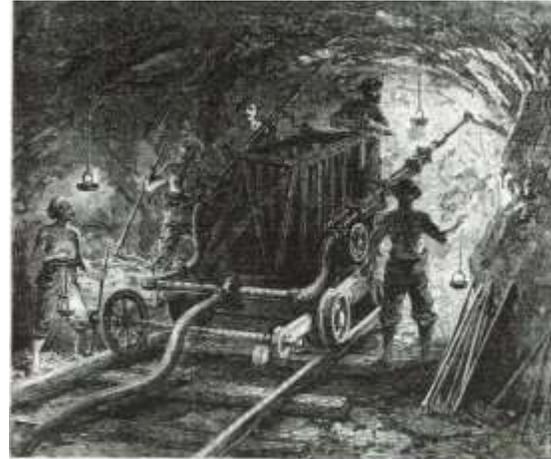
## perforatrici meccaniche di Germano Sommeiller ad aria compressa



Le perforatrici di Sommeiller a roto-percussione azionate ad aria compressa, con avanzamento automatico:

- A) il prototipo
  - B) la macchina di galleria
- Museo Politecnico di Torino

I pezzi originali sono conservati nel museo del Politecnico di Torino



L'avvio della perforazione meccanica dei fori da mina  
(Collezione GILIBERT)



Le perforatrici in opera nel cunicolo d'avanzamento (WHYMPER 1893)

Manodopera a regime:

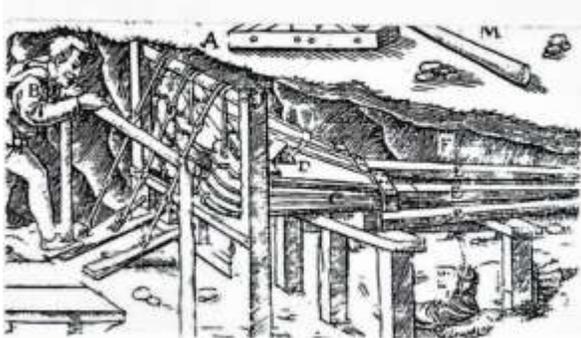
- addetti alla perforazione nel cunicolo	180
- scavo di allargo a mano	720
- costruzione murature	280
- totale in galleria (in sotterraneo)	1.180
- officine e lavori all'esterno (di cui da 300 a 500 nelle cave di pietra)	570
- direzione e sorveglianza	60
- trasporti	180
- totale generale per cantiere	1.990

# COSTRUZIONE DEL TRAFORO FERROVIARIO DEL FREJUS

## la produzione di aria compressa industriale



la cerbottana

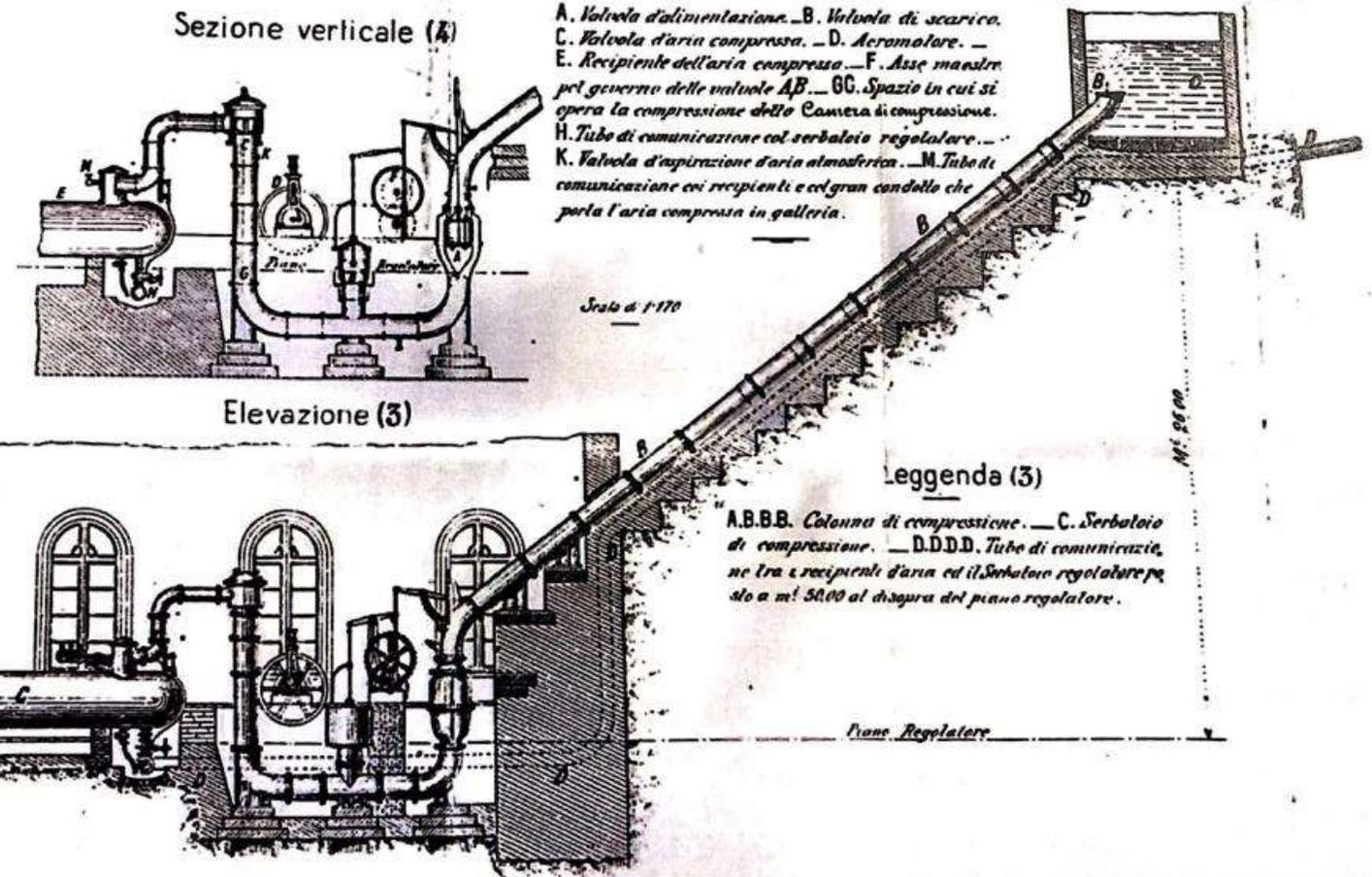


i mantici



il giuoco

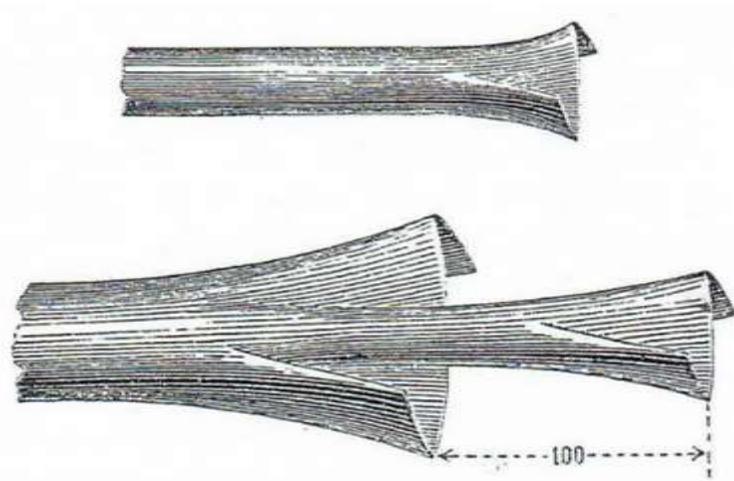
i primi generatori di aria compressa



**LA PRODUZIONE DI ARIA COMPRESSA INDUSTRIALE  
TRASPORTABILE CON TUBAZIONI OVUNQUE SENZA PERICOLI,  
E' STATA UNA DELLE PIU' GRANDI INVENZIONI DELLA CIVILTA'**

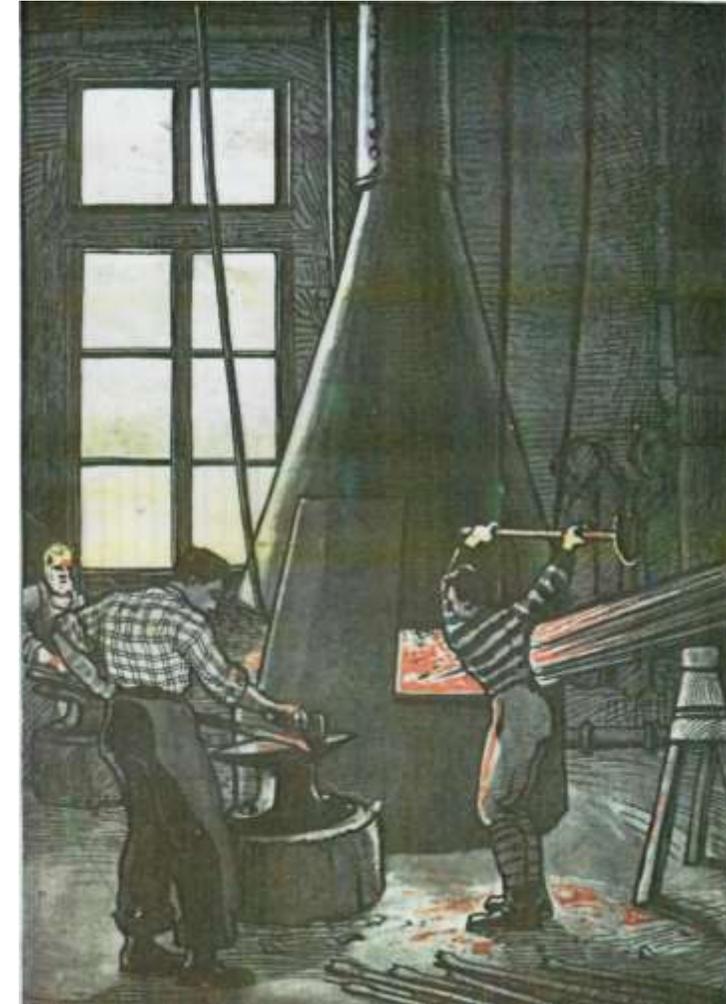
# COSTRUZIONE DEL TRAFORO FERROVIARIO DEL FREJUS

## la forgiatura delle punte delle barre per la perforazione meccanica dell'acciaio scadente di quel tempo



Per ciascuna delle 4-6 perforatrici meccaniche installate sul carrello, occorre 11 serventi per trasportare alla forgia avanti e indietro le barre di perforazione

Per l'intero traforo furono usate fino a 205 mila barre di perforazione per anno, circa 560 per giorno in media



# TRAFORO FERROVIARIO DEL FREJUS

## il congiungimento delle avanzate 25-26 dicembre 1870



asta di 4 m che ha perforato l'ultimo diaframma  
Museo Politecnico di Torino

Alle ore 16.25 del giorno di Natale del 1870 la sonda sbucò nel cunicolo di avanzamento contrapposto (lato Francia) attraversando l'ultimo diaframma.

Telegramma del 25/12 da Bardonecchia a Torino

*All'Ing. Sommeiller – Torino*

*«IN QUESTO MOMENTO ORE 4.25 LA SONDA PASSA ATTRAVERSO L'ULTIMO DIAFRAMMA DI 4 METRI ESATTAMENTE NEL MEZZO. CI PARLIAMO DA UNA PARTE ALL'ALTRA. IL PRIMO GRIDO RIPETUTO DALLE DUE PARTI FU VIVA L'ITALIA. VENITE DOMANI»*

*Firmato Grattoni*

La notte tra il 25 e il 26 fu fatto saltare l'ultimo diaframma con grande festa.

5.153 m

7.080 m

Scavo da nord

12.233 m (13.636 m compresi i successivi raccordi)

Scavo da sud

# COSTRUZIONE DEL TRAFORO FERROVIARIO DEL FREJUS



## AVANZAMENTI ANNUALI DEL CUNICOLO DAL 1857 AL 1870 (25 DICEMBRE)

Anno		1857	1858	1859	1860	1861	1862	1863
Cantiere Sud	m	<i>27,2*</i>	257,6	236,3	203,8	170,0	330,0	426,0
Cantiere Nord	m	<i>10,8**</i>	201,9	132,7	139,5	193,0	243,0	376,0

*Sono indicati in corsivo gli avanzamenti ottenuti con perforazione manuale*

\* Tre mesi di lavoro

\*\* Un mese di lavoro

Anno		1864	1865	1866	1867	1868	1869	1870
Cantiere Sud	m	621,2	765,3	812,7	821,3	638,6	827,7	839,4
Cantiere Nord	m	466,6	458,4	212,3	687,8	681,5	603,7	745,8

Scavo con perforazione a mano: avanzamento medio annuale per fronte 100 m/anno

Scavo con perforazione meccanica: avanzamento medio annuale per fronte 582 m/anno con un massimo di 839 m

1879  
**TRAFORO FERROVIARIO DEL FREJUS – IL MONUMENTO AGLI ARTEFICI**  
**TORINO - PIAZZA STATUTO**



102. Piazza Statuto e monumento a Sommeiller, Grattoni e Grandis nel 1890 circa: in primo piano vi è il palo di sostegno di una delle due lampade ad arco sistema Jablochhoff, che illuminavano la piazza. Presso la cancellata si notano i lampioni a gas. I tram a trazione elettrica appariranno vent'anni dopo (Coll. F. Boario).



7. Poster commemorativo dell'inaugurazione del Traforo con i ritratti di Sommeiller, Grattoni e Grandis (Coll. A. Gilbert).

L'angelo, che rappresenta il «genio della scienza», con una penna d'oca scrive su una pietra i nomi dei geni realizzatori del Traforo (Sommeiller, Grattoni, Grandis)

# CELEBRAZIONE DEL 150° ANNIVERSARIO DEL TRAFORO FERROVIARIO DEL FREJUS



**L'Accademia delle Scienze di Torino**  
il **6 e 7 ottobre 2021** celebrerà i 150 anni  
dell'inaugurazione del traforo del Fréjus  
con un convegno celebrativo internazionale,  
occasione per contribuire scientificamente ad  
un dibattito interdisciplinare sulla visione  
attuale e futura dei trasporti su ferrovia,

*Per il 150° anniversario del Traforo del Fréjus*  
*For the 150<sup>th</sup> Anniversary of the Fréjus Tunnel*



## SAVE THE DATE

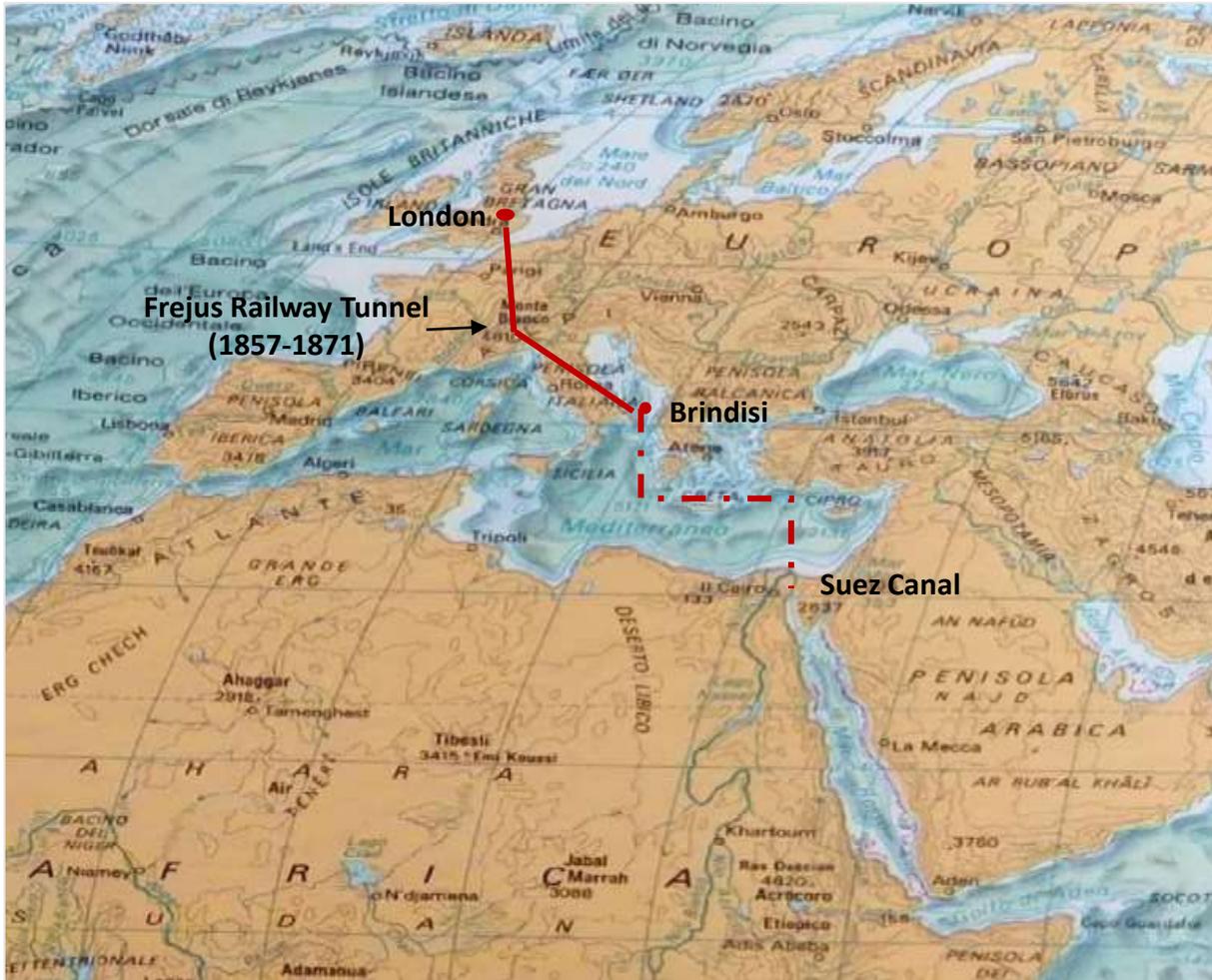


Sala dei Mappamondi

# TRAFORO FERROVIARIO DEL FREJUS



“LA VALIGIA DELLE INDIE” DAL 1870 AL 1914



Il servizio «tutto nave» da Bombay a Londra circumnavigando il Capo di Buona Speranza richiedeva circa 100 giorni.

Con l'apertura del Canale di Suez nel 1869 il servizio «tutto nave» Bombay, Suez, Stretto di Gibilterra, Londra richiedeva 60 giorni.

Con l'apertura del Traforo del Fréjus il servizio era diviso in due tratte:

- Londra, Fréjus, Brindisi in treno (2339 km) richiedeva 45 ore
- il tratto con nave Brindisi, Suez, Bombay richiedeva da 17 a 20 giorni

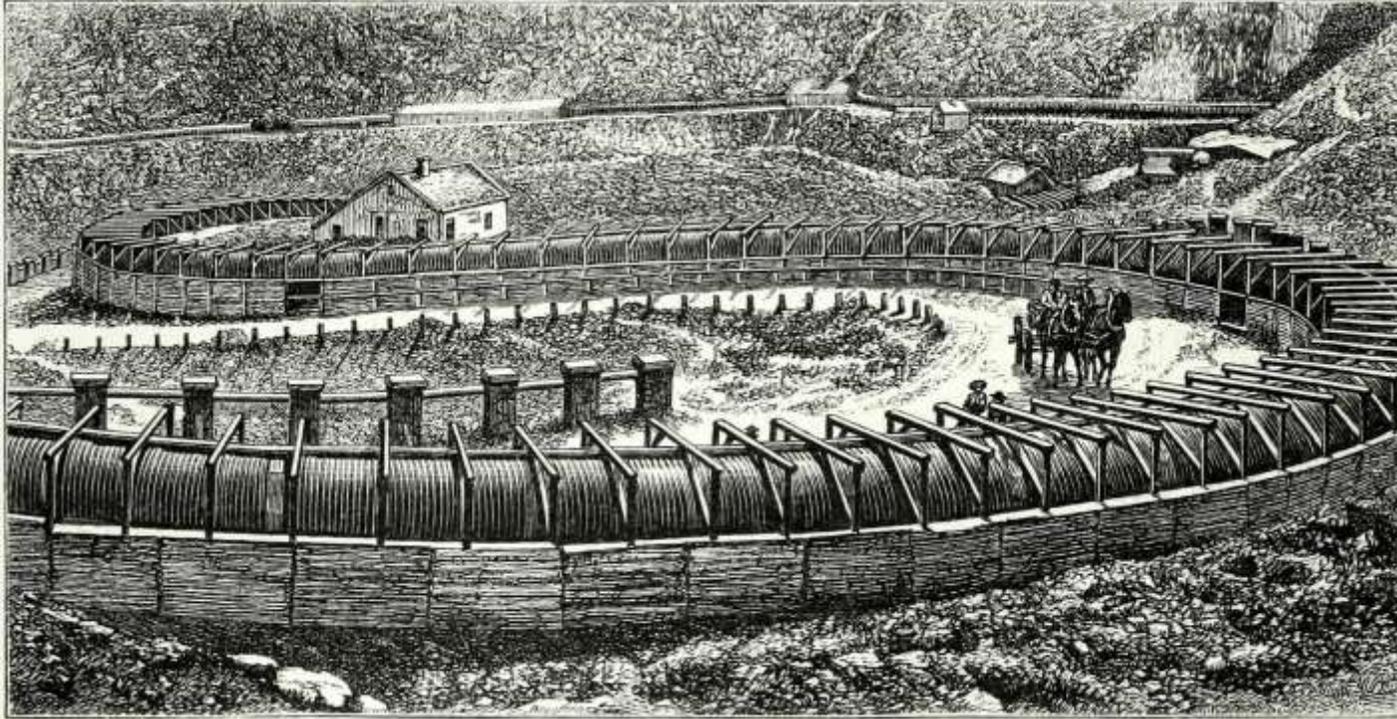
Il servizio «Valigia delle Indie» iniziò nel 1870 prima della fine dello scavo del Fréjus perché il grande interesse economico consentì di valicare il Passo del Moncenisio, prima con carrozze e poi con una ardita ferrovia speciale (Ferrovia Fell)

Il Canale di Suez aperto nel 1869 fu definito la prima meraviglia del mondo moderno.

Il Traforo del Fréjus aperto nel 1871 fu definito la seconda meraviglia del mondo moderno.

*A mio parere non è corretto: Suez si è preso il primo posto solo perché è stato aperto per primo!*

# TRAFORO DEL FRÈJUS – FERROVIA FELL anticipò il servizio della «Valigia delle Indie»

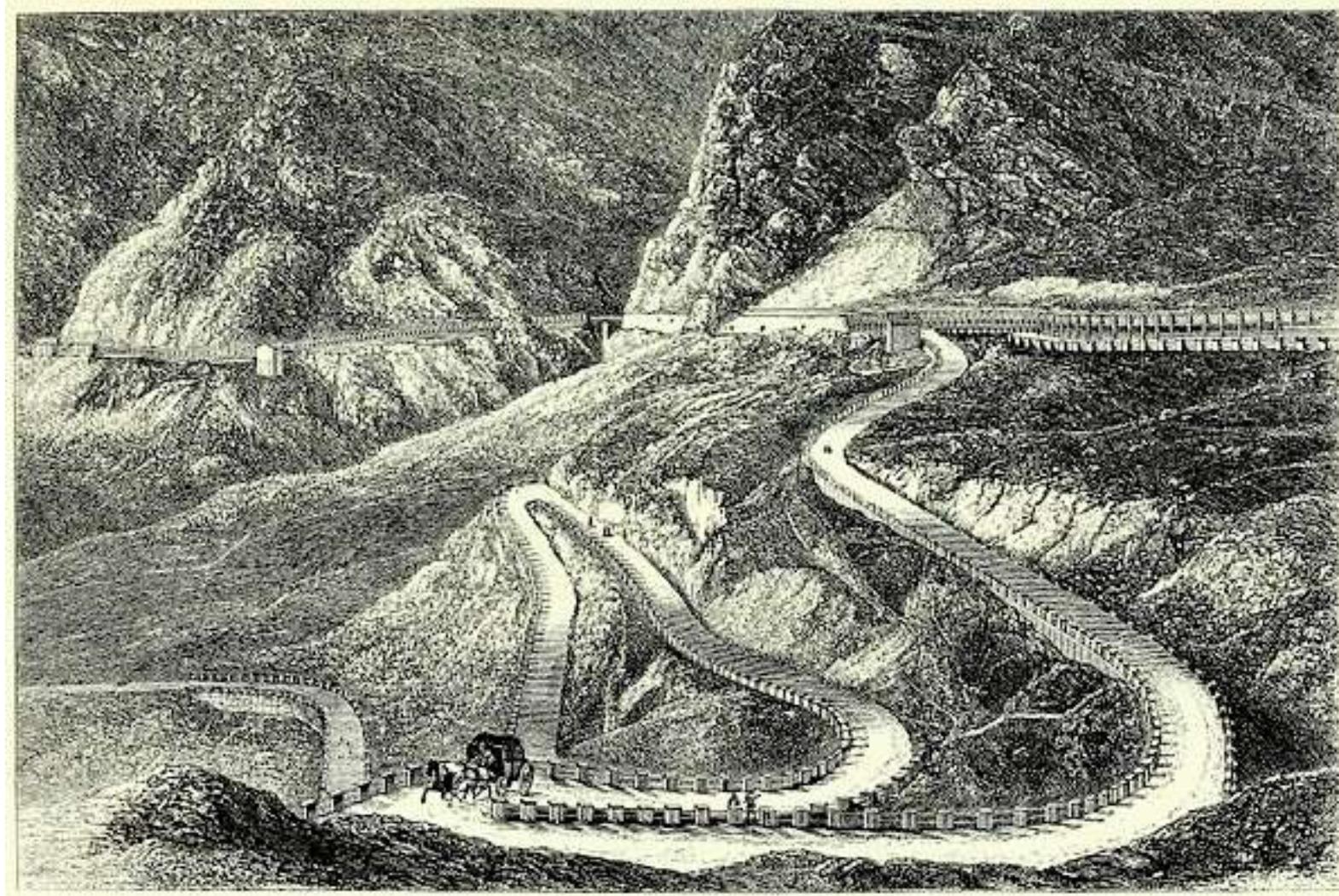


«L'incredibile» Ferrovia Fell costruita lungo la strada del Moncenisio da Susa a Saint Michele de Maurienne, lunga 77,8 km entrò in esercizio il 15 giugno del 1868 e fu disattivata il 19 settembre 1871



# TRAFORO DEL FREJUS

## un esempio del tracciato della Ferrovia Fell

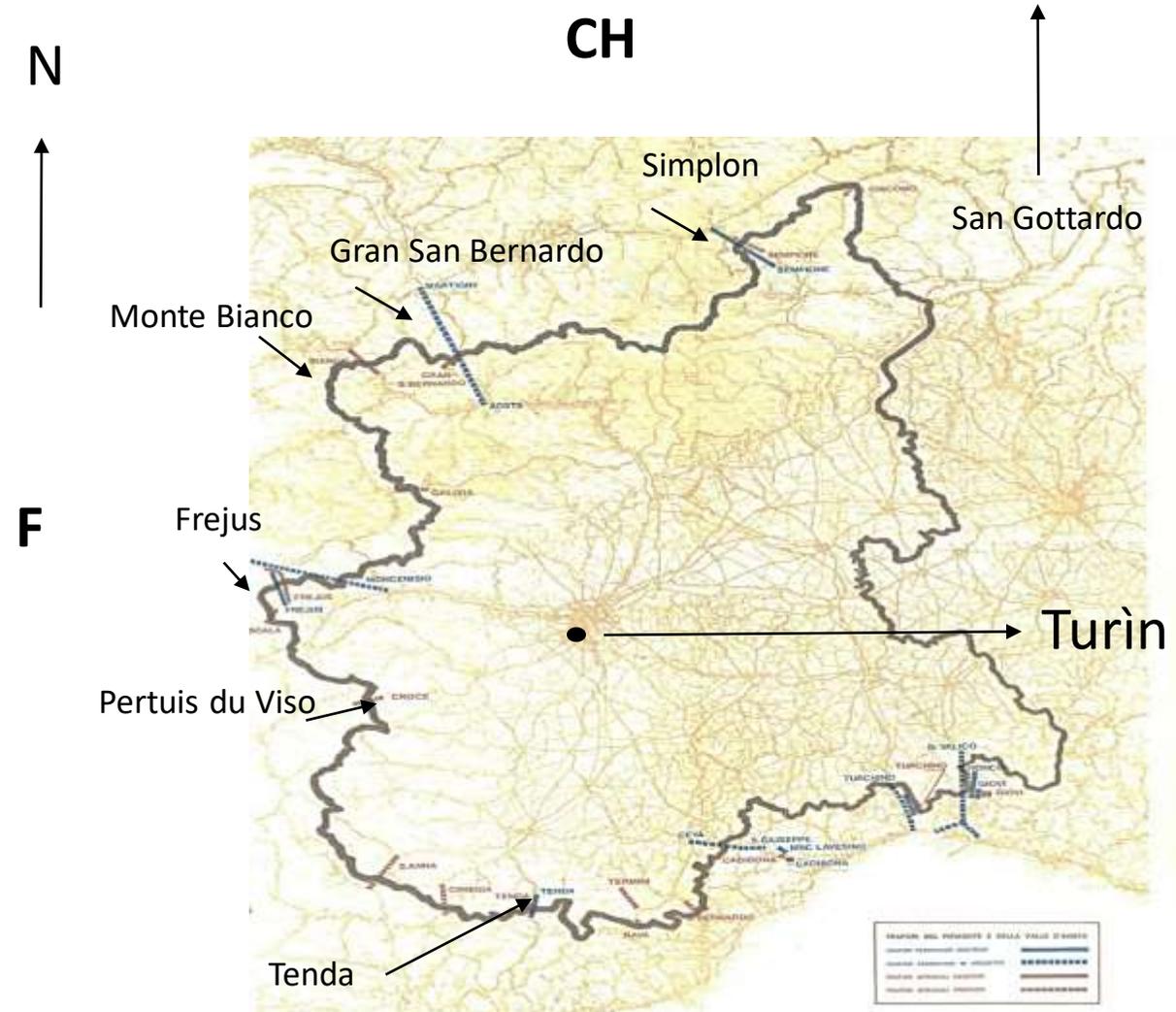


# 1857-1906 IL CINQUANTENNIO DI FUOCO

Tunnel		Length [m]	Construction date	Historical news
Name	Function			
Pertuis du Viso	mule road	65	1475-1480	The most antique alpine gallery for men and mules
Buca d'Uri	Horsecoach road	60	1707	The first alpine road tunnel
Turin stronghold (XVI cent.)	gun-powder mine gallery for defence	In total 21.000	XVII-XVII centuries	Hand excavated by expert miners in gravel and sand just above the water table(-16m)
Frejus	railway	12.233	1857-1871	First alpine and worldwide longest tunnel (total lenght 13.636 m)
San Gottardo (I-CH)	Railway	14.900	1872-1882	First use of dynamite
Tenda	"The salt road" horsecoach road	3.186	1873-1882	First alpine and worldwide longest road tunnel
Tenda	railway	8.099	1890-1898	A capture spring feeds the aqueduct of South-West Piemonte
Simplon	railway	19.823	1 <sup>st</sup> tube 1898-1906 2 <sup>nd</sup> tube open 1921	World biggest tunnel at the time of construction

Gran S. Bernardo	motorway	5.854	1958-1964	First modern alpine road tunnel
Monte Bianco	motorway	11.600	1959-1965	Longest road tunnel at the time of construction
San Gottardo (CH)	motorway	16.918	1970-1980	Longest road tunnel at the time of construction
Frejus	motorway	12.895	1975-1980	At present a second tube is ready to be open

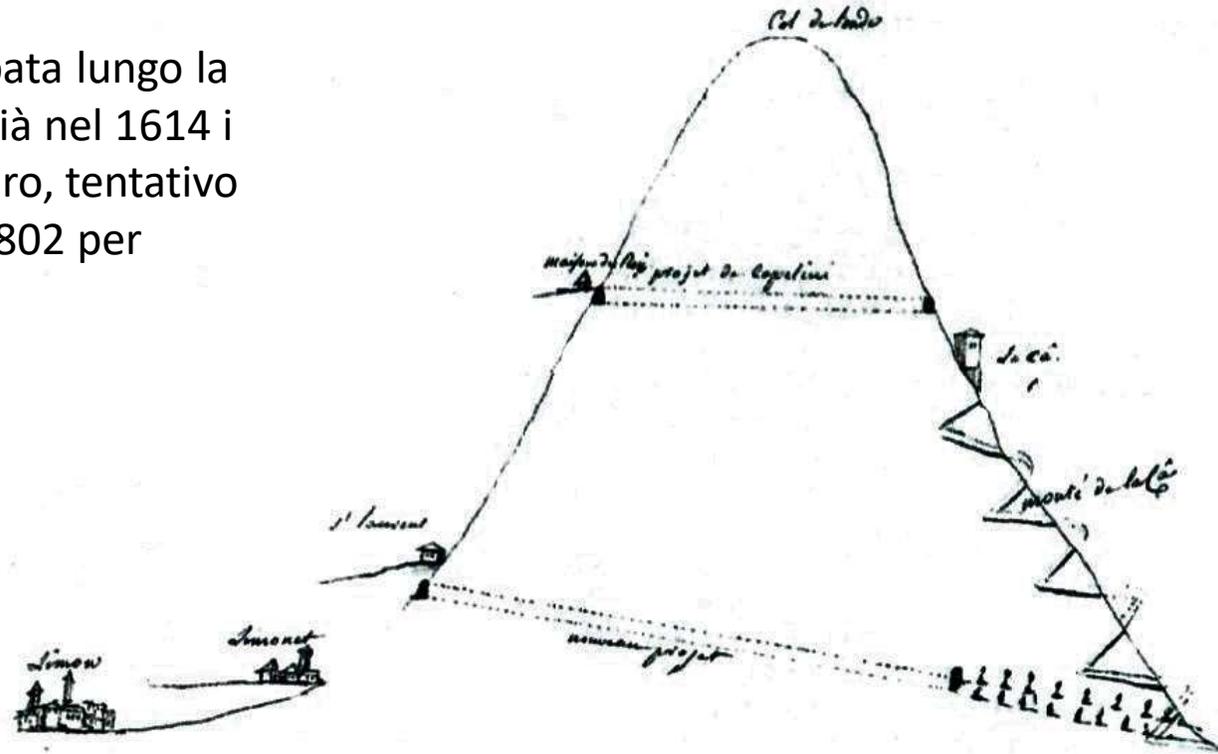
IN PIEMONTE FURONO REALIZZATI 5 TRAFORI TRANSALPINI



# IL TRAFORO STRADALE DEL TENDA 1873-1882



La «strada del sale» è stata sviluppata lungo la Valle della Roja sin dall'antichità; già nel 1614 i Savoia tentarono di aprire un traforo, tentativo ripreso nel '700 e poi ancora nel 1802 per volere di Napoleone I



Appena un anno dopo l'apertura del Fréjus furono iniziati i lavori per la costruzione definitiva del Traforo stradale del Tenda che risultò il primo traforo montano mondiale. Fu seguito solo 10 anni dopo dal Traforo ferroviario

# TRAFORO STRADALE DEL TENDA

## LA PICCOLA GALLERIA INTASATA DAL TRAFFICO MODERNO



La sezione di scavo è di circa 30 m<sup>2</sup> realizzata per il transito solo di carrozze a cavalli (di automobili ancora non se ne parlava)



Il moderno traffico monodirezionale semaforizzato all'interno della piccola galleria.  
La violenta alluvione del 4 ottobre 2020 ha distrutto le strade di accesso al Traforo che con tutta probabilità resterà inagibile per un lungo tempo

# SECOLO XIX

## LA STORIA (della costruzione) DELLE GALLERIE

Quella che considero la vera Storia delle Gallerie inizia solo nel secolo XIX con la diffusione delle linee ferroviarie, richieste dal risveglio delle attività industriali e, di conseguenza, di quelle commerciali.

La prima galleria ferroviaria del mondo fu iniziata nel 1826 in Francia, sulla linea Roanne-Andrezieuse: il «Terrenoir Tunnel».



Terrenoir Tunnel

Negli USA la prima galleria ferroviaria fu scavata nel 1831-33 sulla Allagheney Portage Railroad

Nel medesimo tempo l'Italia compì un altro grande sforzo tecnico ed economico: costruì una notevole rete ferroviaria con la quale cercò di cucire una nazione, ma purtroppo arrancando: se i 16000 km di linee ferroviarie sembrano un numero grande rispetto all'odierna rete in Italia di più i 2000 km di Alta Velocità, quando li si confronta alle reti degli altri Paesi il numero diventa purtroppo piccolo e l'Italia è per sempre rimasta il fanalino di coda

## Nascita e sviluppo delle ferrovie

Estensione di strade e ferrovie aggiornata al 1880			
Ferrovie e strade in Italia per singoli compartimenti	Lunghezza assoluta in km delle ferrovie in esercizio	Lunghezza assoluta in km delle vie ordinarie	Lunghezza relativa strade ordinarie per ogni km di ferrovia
Piemonte	1.160,500	16.276	14,03
Liguria	361,300	979	2,71
Lombardia	1.060,288	18.280	17,24
Veneto	756,485	15.654	20,71
Emilia	494,100	14.725	29,61
Marche	245,900	5.014	20,38
Toscana	903,372	12.676	14,04
Umbria	332,800	3.306	9,93
Lazio	335,100	2.861	8,54
Abruzzo e Molise	293,777	2.431	8,21
Campania	485,600	4.136	8,51
Puglie	613,400	6.295	10,27
Basilicata	193,373	1.235	6,40
Calabria	460,800	1.769	3,85
Sicilia	651,708	4.458	6,39
Sardegna	364,924	2.634	7,22
<b>TOTALE</b>	<b>8.713,427</b>	<b>112.711</b>	<b>12,94</b>

Fonte: Giovanni Da Rios, *Settemila anni di strade*, 2010

**L'Italia si unì inseguendo la vaporiera (A. De Falco su Il Giorno)**

La prima ferrovia pubblica del mondo:

- Liverpool-Manchester di 50 km (1830)

La prima ferrovia italiana:

- Napoli - Portici di 7,4 km (1839)

La rete ferrovia italiana:

- 1860 850 km
- 1861 2.100 km
- 1866 5.258 km
- 1870 6.000 km
- 1880 8.713 km
- 1898 10.524 km
- 2019 16.779 km

Le più estese reti ferroviarie del mondo:

- Stati Uniti 230.000 km
- Unione Europea 210.000 km
- Russia 84.000 km

Rete mondiale 1.370.782 km

## XIX SECOLO

### ostacoli al progresso tecnologico nelle gallerie

Il progresso tecnologico trova talvolta strani ed imprevedibili ostacoli da parte delle persone:

- verso la fine degli scavi nel traforo del Fréjus i minatori non vollero usare la molto più efficace dinamite (appena creata da Alfred Nobel nel 1867 a partire dalla nitroglicerina sintetizzata a Torino da Ascanio Sobrero nel 1847) perché ne ebbero paura;
- le gallerie facevano paura ai negazionisti;
- le locomotive a vapore spaventavano la gente per la loro irruenza e velocità, tanto che presso Londra nel 1808 fu montato una specie di circo per abituare le persone ad usare il treno
- Il progresso tecnologico è stato di frequente boicottato in galleria ad esempio per l'uso dei bulloni di armatura e del calcestruzzo proiettato negli anni 50 e 60 del XX secolo. Un altro esempio storico, romantico e commovente, è stato nel 1870-72 la battaglia (perduta) di John Henry contro la perforazione meccanica dei grandi fori di mina

Seguono quattro illustrazioni di questi problemi:

# EXPLOSIVES



Verso la fine degli scavi nel traforo del Fréjus i minatori non vollero usare la molto più efficace dinamite (appena creata da Alfred Nobel nel 1867 a partire dalla nitroglicerina sintetizzata a Torino da Ascanio Sobrero nel 1847) perché ne ebbero paura

- **Gun-powder (black powder)**

- China:
  - 300 B.C. for fireworks
  - 300 A.C. for bamboo cannons
- Arabic world:
  - VIII century for war uses
- Europe:
  - In mining
    - 1574: mine (Hungary)
    - 1613 Fraiberg (Germany) doubtful; 1627 Grosslith and Chemnitz (Slovakia).
  - Remain as the only explosive for the next 250 years.

- **Dynamite**

- Nitroglycerine: synthesized in 1847 in Turin by Ascanio Sobrero, but too much sensible for the industrial use.
- Dynamite (from the greek “dìnamos”: power): patented by Alfred Nobel in 1867. Nobel became very rich: he created the “Nobel Prize” in 1895, the most prestigious prize of Earth.
- The dynamite was first time used in tunneling for the St. Gothard railway tunnel excavation (1872-1881)



Le gallerie facevano paura ai negazionisti

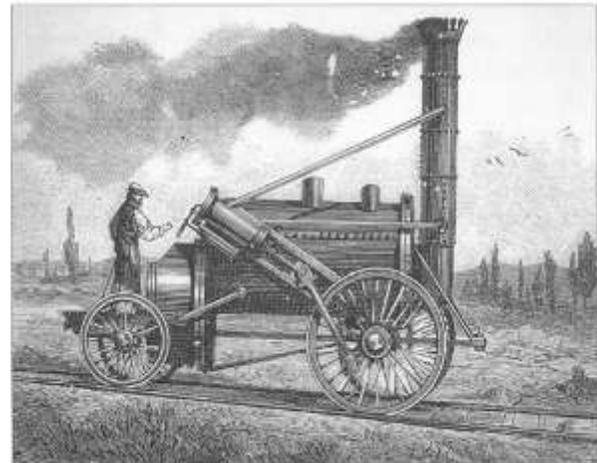
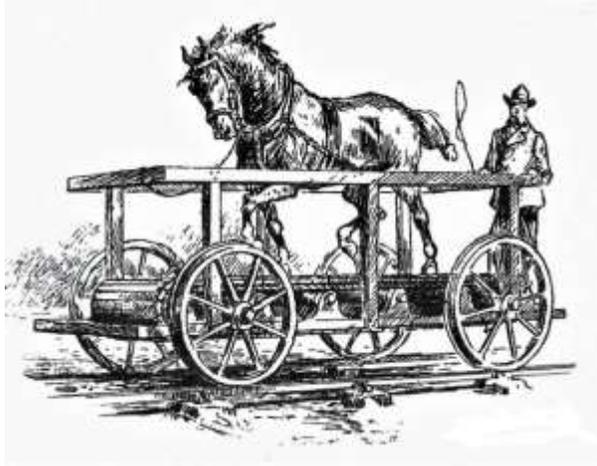


Da «Le Monde – 1.834»

# 1800-1840

## NASCITA E SVILUPPO DEI TRENI

Le locomotive a vapore spaventavano la gente per la loro irruenza e velocità, tanto che presso Londra nel 1808 fu montato una specie di circo per abituare le persone ad usare il treno



La fusée, première locomotive construite par George Stephenson



Londra 1808- in un parco giochi si cercò di rendere popolare l'uso del treno

# 1870-1872 DAL LAVORO MANUALE CHE RENDE ORGOGLIOSI

## ALL'IMPIEGO DELLE MACCHINE



### LA BALLATA DI JOHN HENRY

Il progresso tecnologico è stato di frequente boicottato in galleria ad esempio per l'uso dei bulloni di armatura e del calcestruzzo proiettato negli anni 50 e 60 del XX secolo. Un altro esempio storico, romantico e commovente, è stato nel 1870-72 la battaglia (perduta) di John Henry contro la perforazione meccanica dei grandi fori di mina

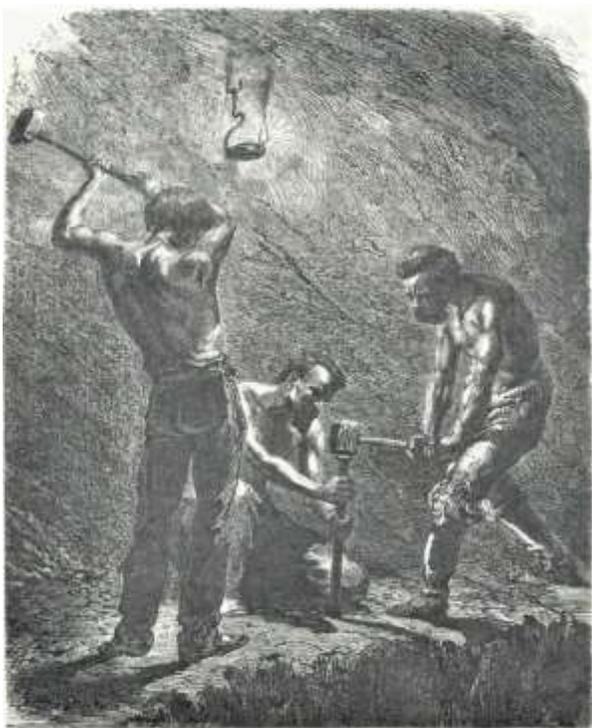
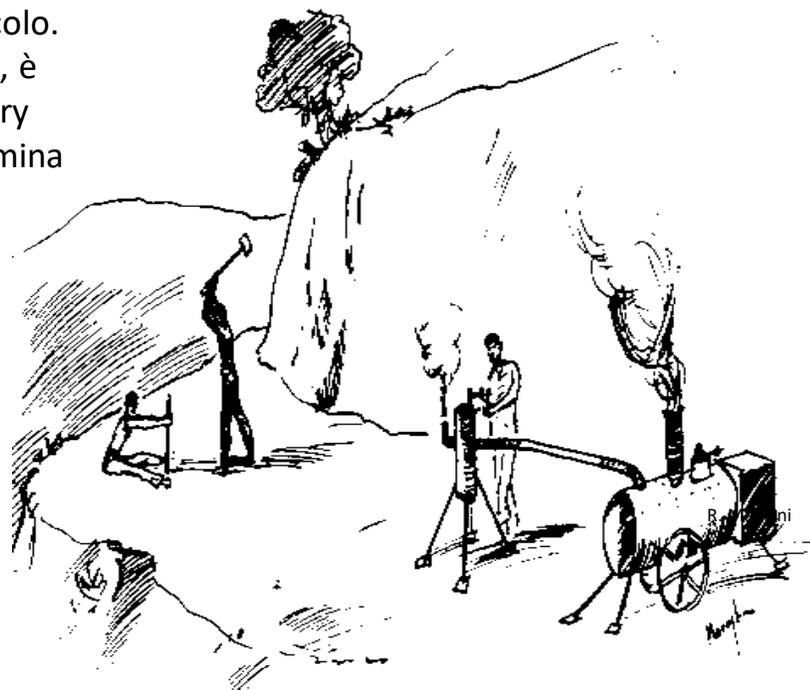


Fig. 118. — Forage d'un trou de mine à trois hommes.

l'antico abituale



1870-1872 Big Bend Tunnel, Chesapeake e Ohio Railroad  
West Virginia USA

«Vinse John Henry o la perforatrice a vapore? Il giorno dopo la gara, John Henry era morto, ma la perforatrice a vapore lavorava ancora.

Mezzo secolo dopo, John Henry era entrato nella leggenda, la perforatrice a vapore nel parco rottami».

(Strade Ponti Gallerie, Ed. Koller Torino 1971)

“Allora John Henry era un piccolo bebè  
seduto sulle ginocchia di suo padre  
raccolse un martello e un piccolo pezzo di acciaio  
e urlò, “Dio, questo martello sarà la mia morte, Dio, Dio  
quel martello sarà la mia morte”  
Allora il capitano disse a John Henry  
“Porterò qui quel martello a vapore  
porterò qui quel martello a vapore su queste rotaie  
batterò quel ferro Dio, Dio  
batterò quel ferro”

John Henry disse al suo capitano  
“Signore, un uomo non è altro che un uomo  
ma prima che io permetta  
a quel martello a vapore di battermi  
morirò col martello in mano, Signore, Signore  
morirò col martello in mano”

John Henry lavorava sulla parte destra  
il martello a vapore sulla sinistra  
disse, “Prima che io permetta  
a quel martello a vapore di battermi  
martellerò fino a morire, Signore, Signore  
martellerò come un pazzo fino a morire”

Allora, il capitano disse a John Henry  
“Che cosa è quella tempesta lì fuori?”

John Henry disse, “Quella non è una tempesta Capitano  
è solo il mio martello qui dentro, Signore, Signore  
è solo il mio martello qui dentro”

John Henry disse al suo shaker  
“Shaker, perché non canti?

Perché io sto maneggiando  
trenta libbra dai fianchi in giù  
sì, ascolta il suono del mio freddo acciaio Signore, Signore  
ascolta il suono del mio freddo acciaio  
Ora John Henry, martellava nelle montagna  
il suo martello era infuocato

ma lavorava così duramente che si spezzò al cuore  
John Henry pose il suo martello, Signore, Signore  
John Henry pose il suo martello e morì

Ora, John Henry, aveva una donna  
si chiamava Polly Ann

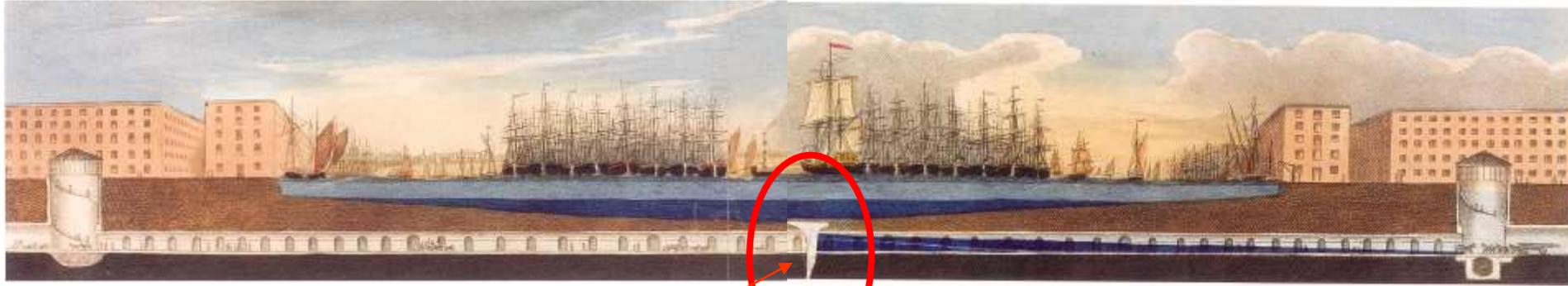
andò a piedi fino a quelle rotaie  
prese il martello di John Henry  
Polly picchiava l'acciaio come un uomo, Signore, Signore  
Polly picchiava l'acciaio come un uomo

Ora ogni lunedì mattina  
quando comincia a cantare l'uccello azzurro  
puoi sentire John Henry a più di un miglio  
puoi sentire risuonare il martello di John Henry Signore, Signore  
puoi sentire risuonare il martello di John Henry  
io dico, puoi sentire risuonare il martello di John Henry Signore,  
Signore  
puoi sentire risuonare il martello di John Henry Signore, Signore”.

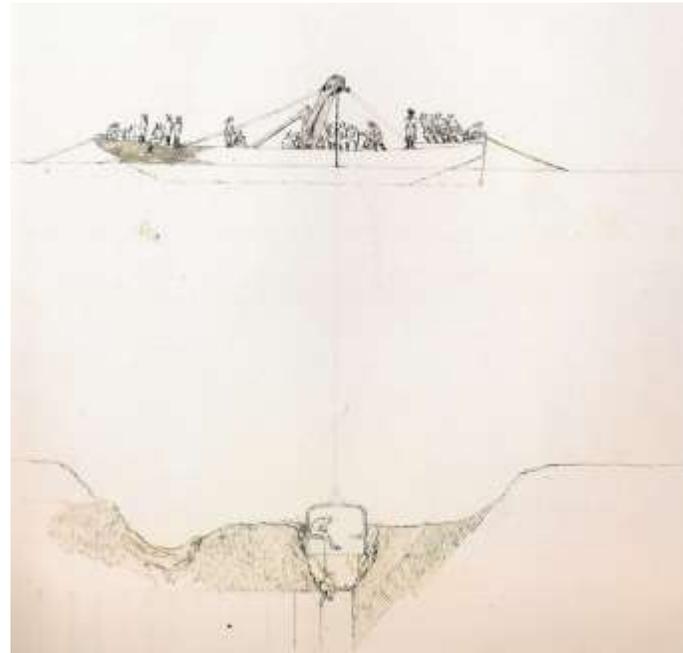
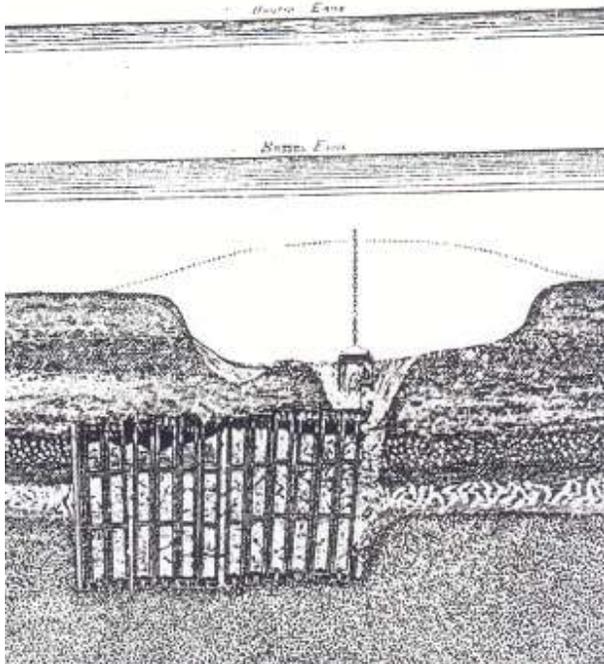
# LA PRIMA GALLERIA SUBACQUEA



## THAMES TUNNEL - 1828

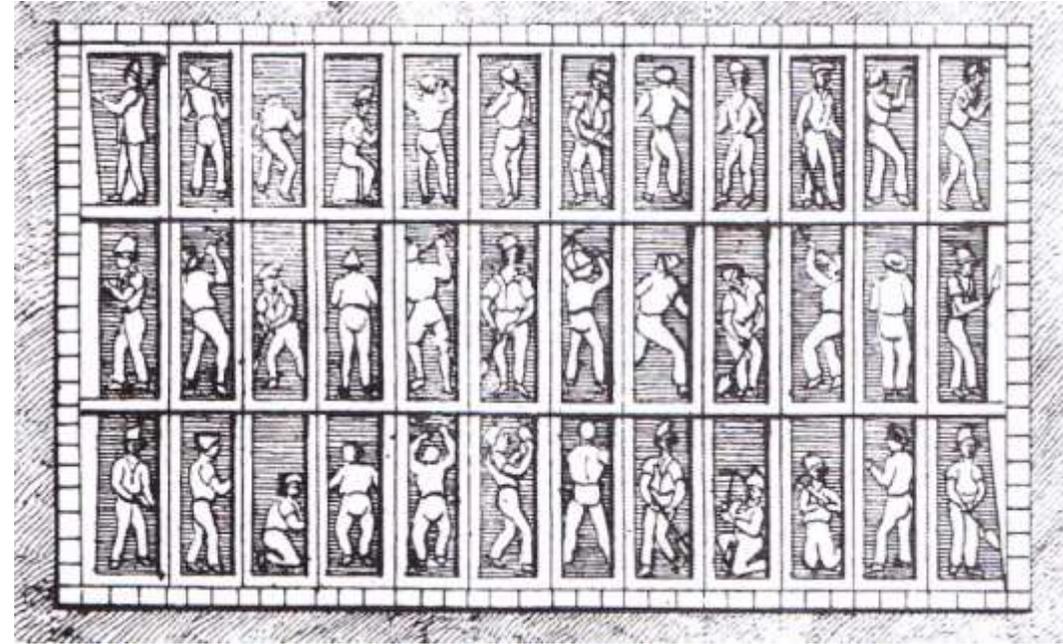
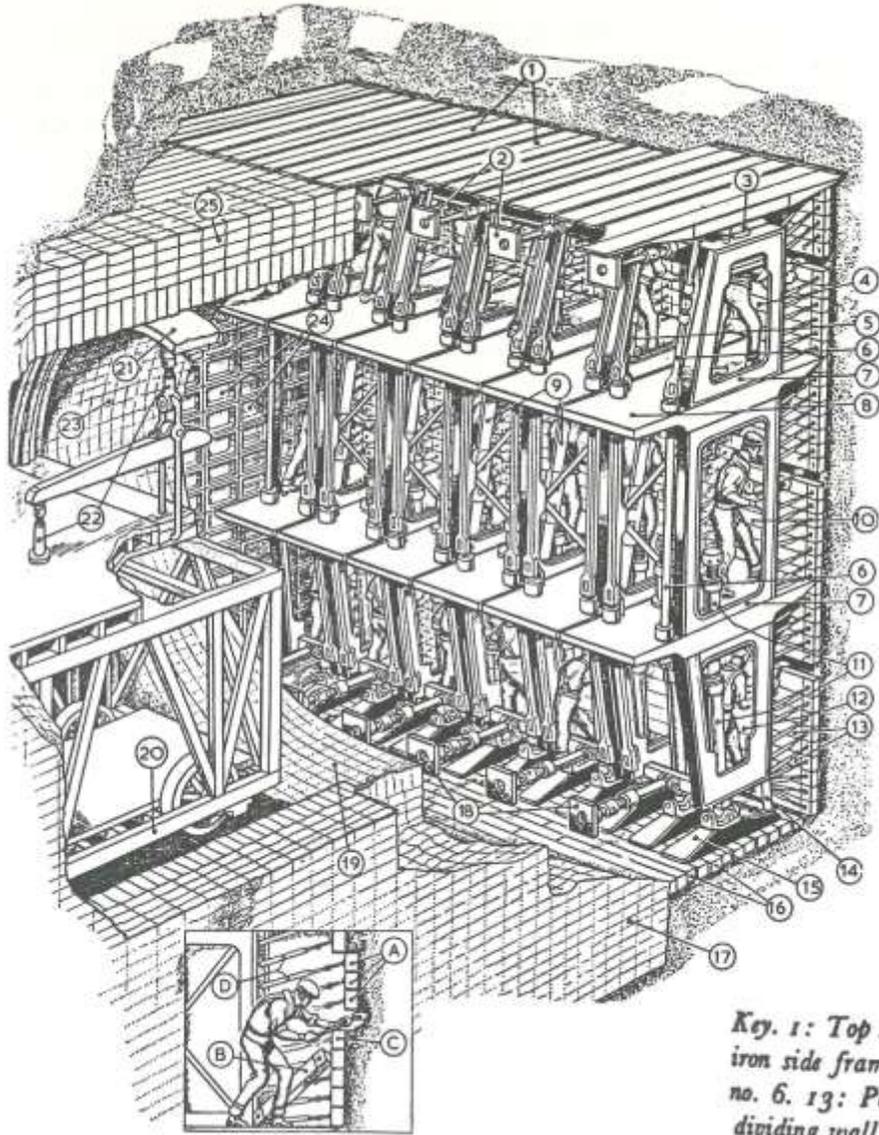


Collasso



Il primo grande collasso storico ben documentato è avvenuto a Londra il 28 gennaio 1828, al fronte di scavo, con allagamento, della prima grande galleria sub-acquea:  
il "Thames Tunnel" di Marc Brunel

# SCUDO PARAFRONTE AUTOMOVENTE DI MARC BRUNEL 1825

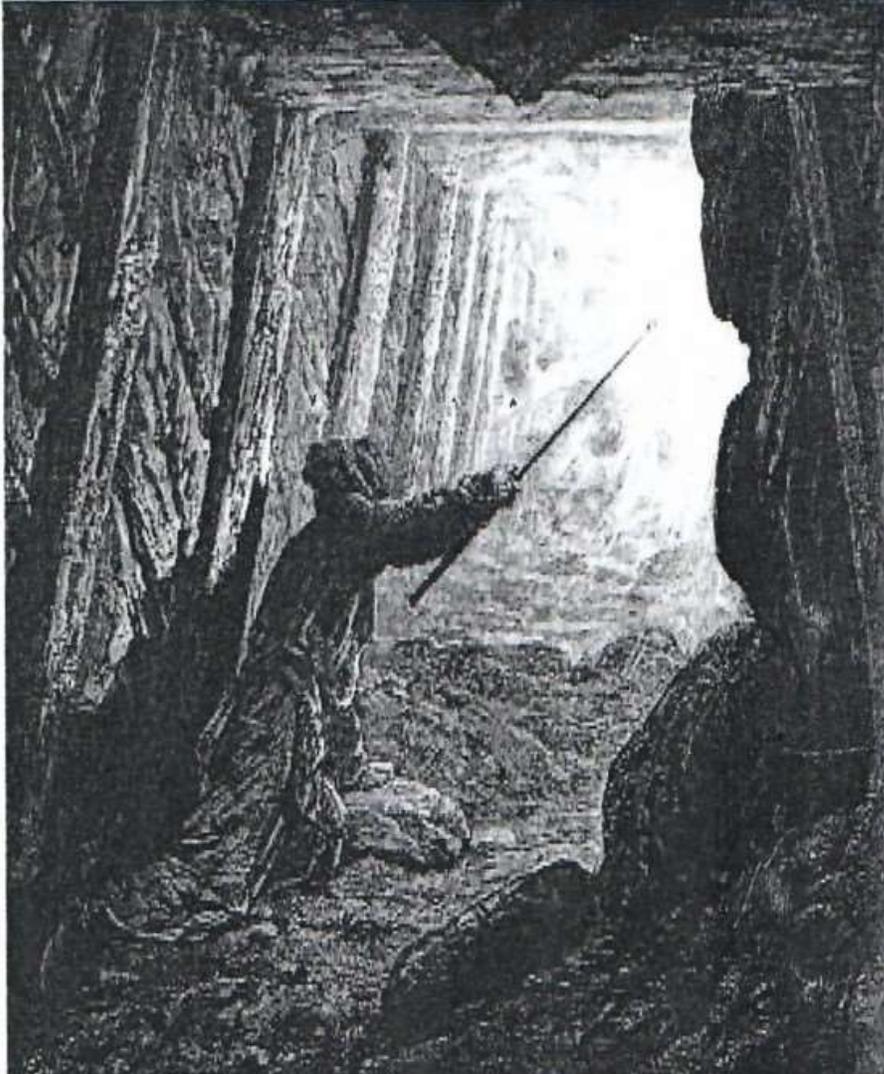


Scudo parafronte automovente con molti attacchi puntuali per lo scavo, ideato da Marc Brunel ed impiegato, con successo, nella galleria sotto il Tamigi

*Key. 1: Top staves. 2: Top abutting screws. 3: Head. 4: Top box of frame no. 6. 5: Tail jack. 6: Wrought iron reinforcing member. 7: Cast iron side frame member. 8: Upper floor plats of frame no. 6. 9: Sling. 10: Middle box of frame no. 6. 11: Leg. 12: Bottom box of frame no. 6. 13: Poling boards. 14: Jack forcing down floor boards. 15: Shoe. 16: Floor boards on which brick roadways rest. 17: Brickwork of dividing wall. 18: Bottom abutting screws. 19: Brick roadway. 20: Travelling stage. 21: Roof centring. 22: Jacks for adjusting roof centring. 23: Western sidewall. 24: Side staves. 25: Roof brickwork.*

*A: Poling board moved forward. B: Poling board removed so that minor can excavate. C: Poling board that has not been moved forward. D: Poling screws.*

## IL NEMICO «GRISOU»



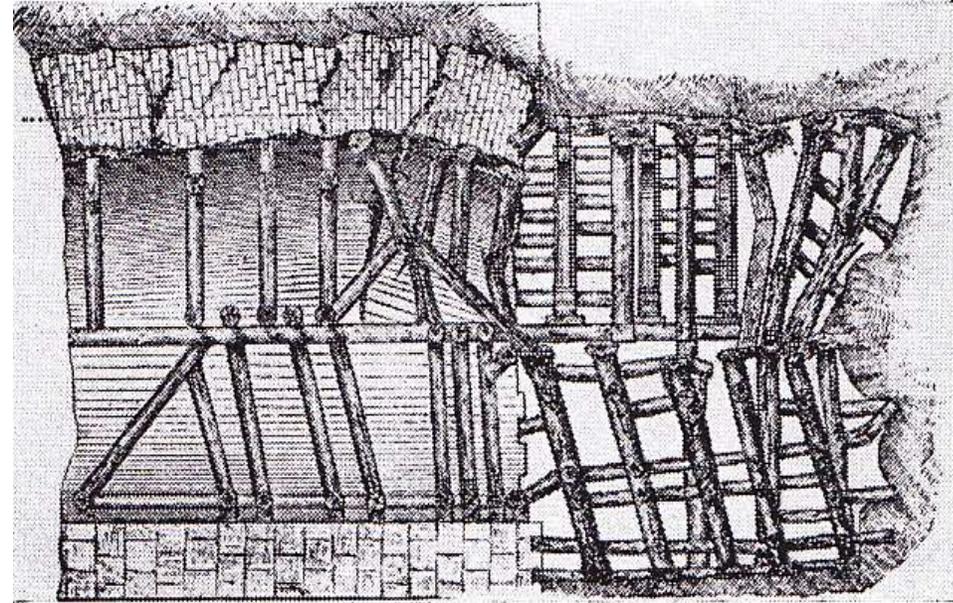
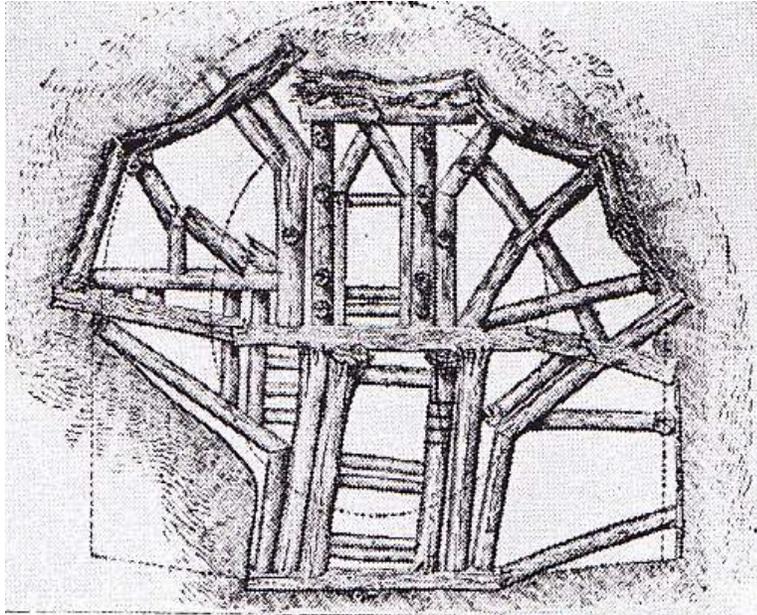
Un «penitente», alla ripresa mattutina del lavoro, fa bruciare il grisou per evitarne l'esplosione in una galleria di miniera

Nel medioevo, nelle miniere di carbone grisoutose si usava «bruciare» il grisou all'inizio del turno mattutino: vi erano addetti i «penitenti» che incendiavano il gas prima che si accumulasse ed esplodesse, od anche minatori per guadagnare un soprassoldo

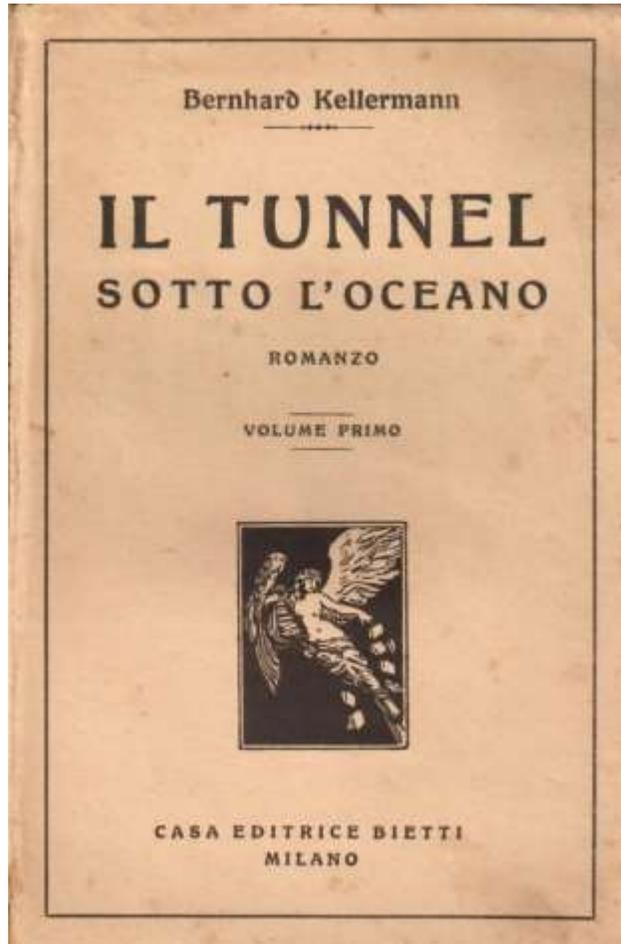
Anche nel nostro tempo moderno il grisou in galleria ed in miniera è un nemico molto temuto: è oggetto di specifiche indagini e di tecniche di diluizione ed allontanamento mediante ventilazione

Linea ferroviaria Napoli-Foggia, con 6 gallerie.

**Galleria «Cristina»** di 1566 m, in argilla scagliosa. Metodo di costruzione «belga».



“«Cristina» è entrata nella storia come la più terribile costruzione sotterranea mai realizzata, per cui *rimarrà un monumento all’intelligenza ed alla perseveranza dei «tunnellers» e degli ingegneri italiani (Sandstrom 1963)*”



Le «Strade del Pensiero»:  
i cavi del telegrafo erano già stati calati  
attraverso l'Atlantico tra il 1854 e il 1873

E' un romanzo del 1913  
che ha avuto uno straordinario successo editoriale:  
l'edizione in lingua italiana è stata stampata nel 1930.

Non mi piace, ma è stuzzicante (però molto meno dei  
libri di Alessandro Macchi, che sono vivi).

E' un romanzo molto fantasioso.  
Segue le vicende della realizzazione di una galleria  
sottomarina in roccia molto speciale attraverso  
l'Atlantico:  
da New York al Golfo di Biscaglia, in treno!  
Lunga circa 6000 km, costruita in 24 anni, era  
percorsa da un treno che correva a 295 km/h: il primo  
viaggio fu fatto in 24 ore, con 12 minuti di ritardo!

# 1930-1936 HAWKS NEST DISASTER



Una spaventosa tragedia provocata da un subdolo nemico: la silice;  
è considerato il peggiore disastro industriale nella storia degli Stati Uniti d'America

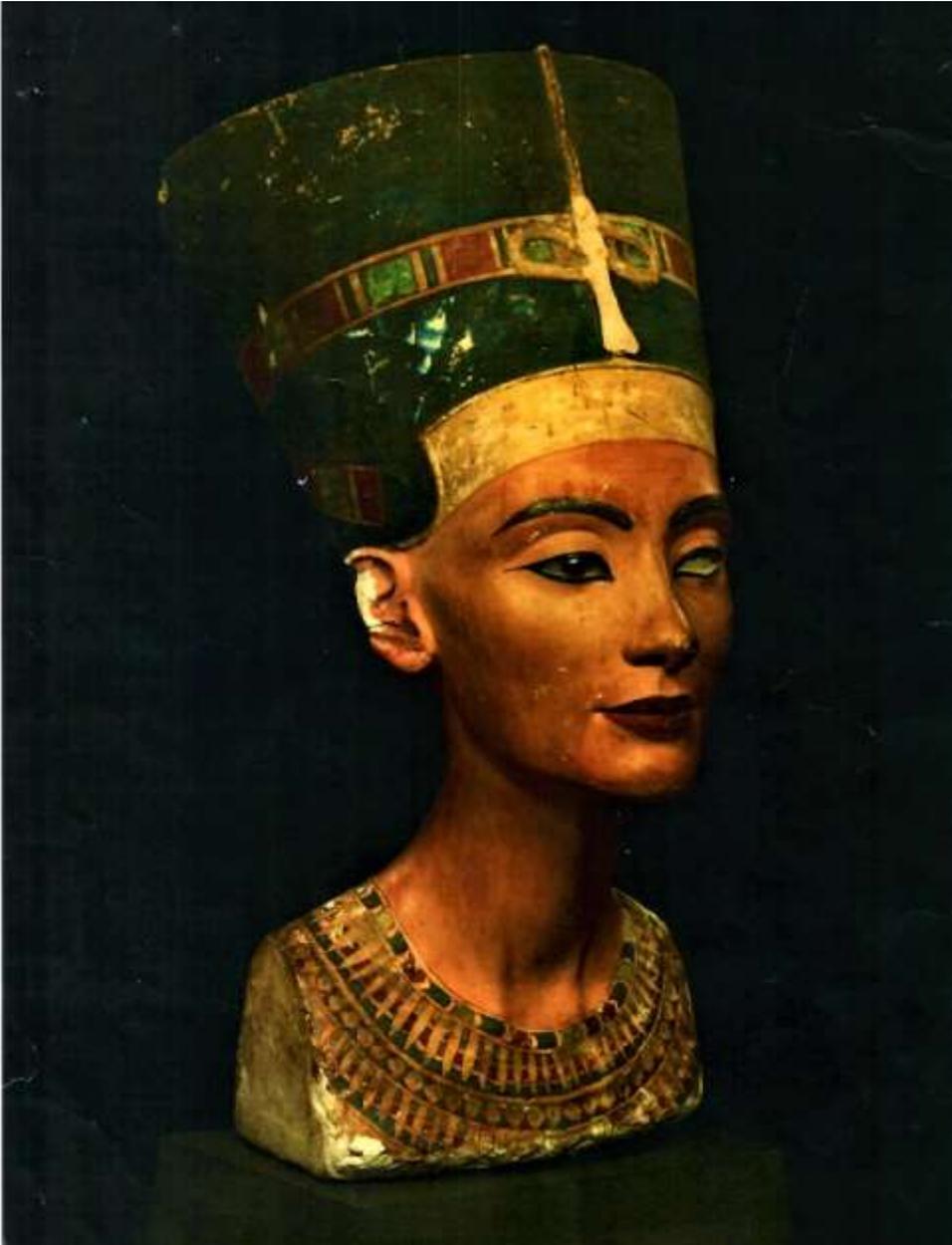


L' Hawks Nest Tunnel (West Virginia) è una derivazione d'acqua lunga 4,8 km con diametro di 9,1 m, dal torrente allo stabilimento della Union Carbide per produrre energia elettrica: è ancora attivo.  
Le rocce sono descritte come materiali di alta resistenza e molto ricchi di quarzo.  
La perforazione dei fori da mina provocava fitte nuvole di polvere bianca, il che fa pensare che si perforasse a secco.  
Erano impegnati 5.000 lavoratori, in maggioranza neri, di cui 2.982 in sotterraneo.  
Morirono di silicosi 746 lavoratori, più un paio di centinaia durante i successivi 6 anni.

E' RICHIESTO PER IL RILASSAMENTO DELLA MENTE CHE SI FACCIAMO USO,  
DI TANTO IN TANTO, DI PROPOSITI SCHERZOSI E BATTUTE  
(San Tommaso d'Aquino)

PROVO A CONPORTARMI COSI'

## LA BELLA NEFERTITI REGINA D'EGITTO 1350 A.C.



La bellezza del viso e l'eleganza sobria della raffigurazione che si sono conservate intatte per ormai più di tremila anni in una galleria-tomba fanno anche di questa deliziosa figura un simbolo per le gallerie: il sottosuolo offre spazi preziosi e ben protetti per ogni tipo di attività. Dunque *per lasciare all'uomo la luce del sole sprofondiamo i servizi*

# IL GENIO PER IL FUTURIBILE DELLE GALLERIE



La avveniristica TBM costruita da Archimede Pitagorico su ordine di Paperon de Paperoni per perforare il Traforo della Manica: il problema del marino è brillantemente risolto con la sua **sublimazione!**

(TOPOLINO n. 774/1970 – Mondadori)

**VAPORIZZARE IL MARINO**

# IL FUOCO PER IL FUTURIBILE DELLE GALLERIE



Il futuribile ritorno al fuoco per lo scavo di gallerie

bohren mit Raketentriebwerk

una TBM che con il fuoco si mangia il marino e vetrifica le pareti dello scavo

ISTT-International Society for Trenchless Technology

Bauen und Leben unter der Erde - 1997

## GLI SCAVI DI GALLERIE NELL'ANTICHITA' PIU' ANTICA DELLA PREISTORIA



Nell'antichità l'abbattimento consisteva nel fessurare i grandi blocchi di roccia di buona resistenza per poterli asportare:

si usavano cunei o zaffi di legno inseriti tra i blocchi o nelle loro fessure i quali, fatti gonfiare con acqua, rompevano la roccia.

Un altro metodo consisteva nell'uso del fuoco per dilatare la roccia; così che, se non si spaccava, veniva poi subito raffreddata e quindi si squamava. Plinio disse: *«l'aceto versato in grande quantità nella roccia riscaldata ha l'effetto di scagliettarla, quando il fuoco di per sé stesso non avesse dato effetti utili»*.

Tuttavia, l'ingrediente essenziale della più grande parte dei lavori di scavo antichi era una illimitata fonte di manodopera che committenti ed imprese possedevano come schiavi, prigionieri di guerra, servitori.

Dopo la caduta dell'Impero Romano d'Occidente nel 476 d.C. per almeno un migliaio di anni i grandi lavori pubblici sparirono.

# LA PREISTORIA DELL'UOMO E DELLE GALLERIE

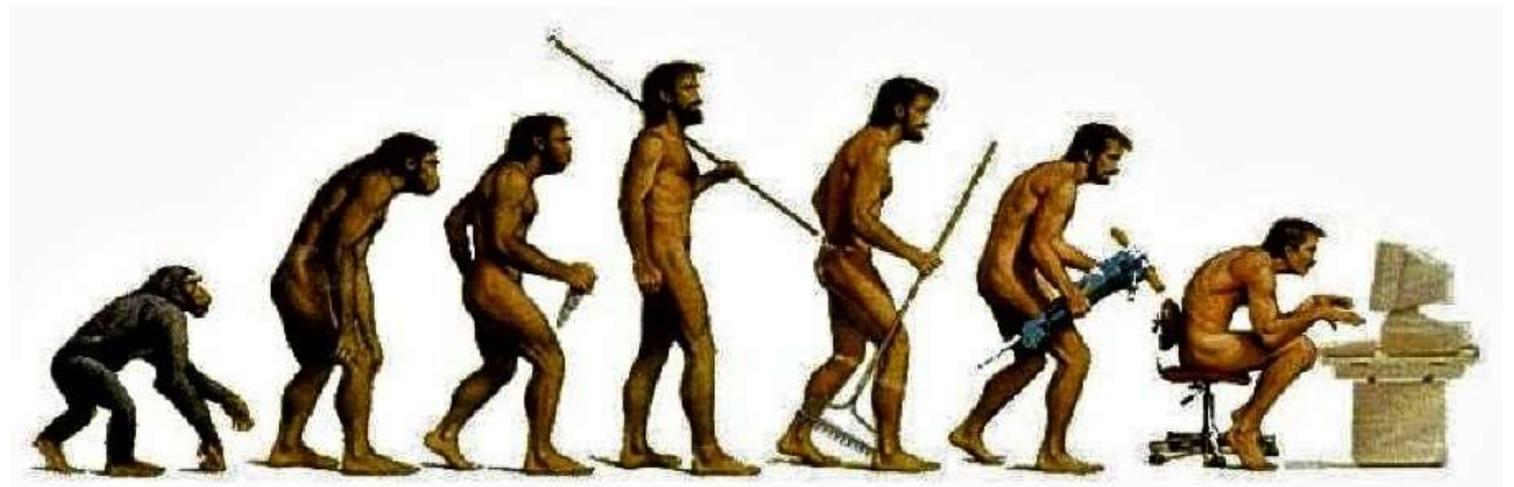


2,5 milioni di anni fa una piccola ed insignificante scimmia viveva in Africa, nella savana della grande fossa tettonica lunga 3500 km secondo NE-SO che ha delineato l'Ethiopian Rift Valley (depressione dell'Afar).

Quella scimmia camminava ritta solo sulle gambe e stava, inconsciamente, evolvendo per diventare il padrone del Pianeta Terra: l'Homo Sapiens, il quale circa soli 200.000 anni fa, spinto da un ossessivo e repressivo sovraffollamento, ha iniziato ad uscire dall'Africa Occidentale diventando il padrone del mondo molto rapidamente, passando all'homo habilis, all'homo erectus, all'homo sapiens, all'homo sapiens sapiens, al moderno homo... *confort* che si scherma dal mondo naturale molto al di là di quanto gli sarebbe utile per vivere utile ed in salute: ma l'evoluzione non si fermerà qui!



L'area del ritrovamento di Ardi  
(National Geographic):  
la culla dell'umanità



**«Il successo alimenta l'ambizione che ci spinge verso mete ancora più grandiose»**  
(Y. N. Harari)

# LA PREISTORIA DELLE GALLERIE



La nascita dell'attività mineraria ha preceduto ogni altro sviluppo tecnico: è stata avviata dall'ominide quando, un paio di milioni di anni fa, ha raccolto da terra un sasso od un osso per usarlo come arma. Questo nostro lontano avo aveva il fisico ben attrezzato: veniva da una vita sugli alberi per cui aveva sviluppato la capacità prensile delle mani; poi, a seguito di cambiamenti climatici che avevano trasformato la foresta in una savana, aveva sviluppato la capacità di stare dritto e correre per sopravvivere solo sulle gambe posteriori.

Molti di voi ricorderanno l'emozionante inizio dello straordinario film di fantascienza «*2001: Odissea nello Spazio*» di Stanley Kubrick, soavemente sottolineato dall'affascinante walzer di Johan Strauss Jr «*Sul bel Danubio blu*».

Mi sono convinto che all'interno della nostra specie «homo» ci siano da sempre stati due tipi umani:

- *l'homo faber* che crea oggetti e strumenti;
- *l'homo artifex (homo spiritu instinctus)* il quale, nel disegnare, scrivere e parlare ha l'animo acceso da una luce e da un fuoco soprannaturali che gli consentono di esprimere sentimenti ed opere di originale bellezza



Grotta di Chauvet

35.000 a.C. (20.000 anni prima della prima miniera nota!)

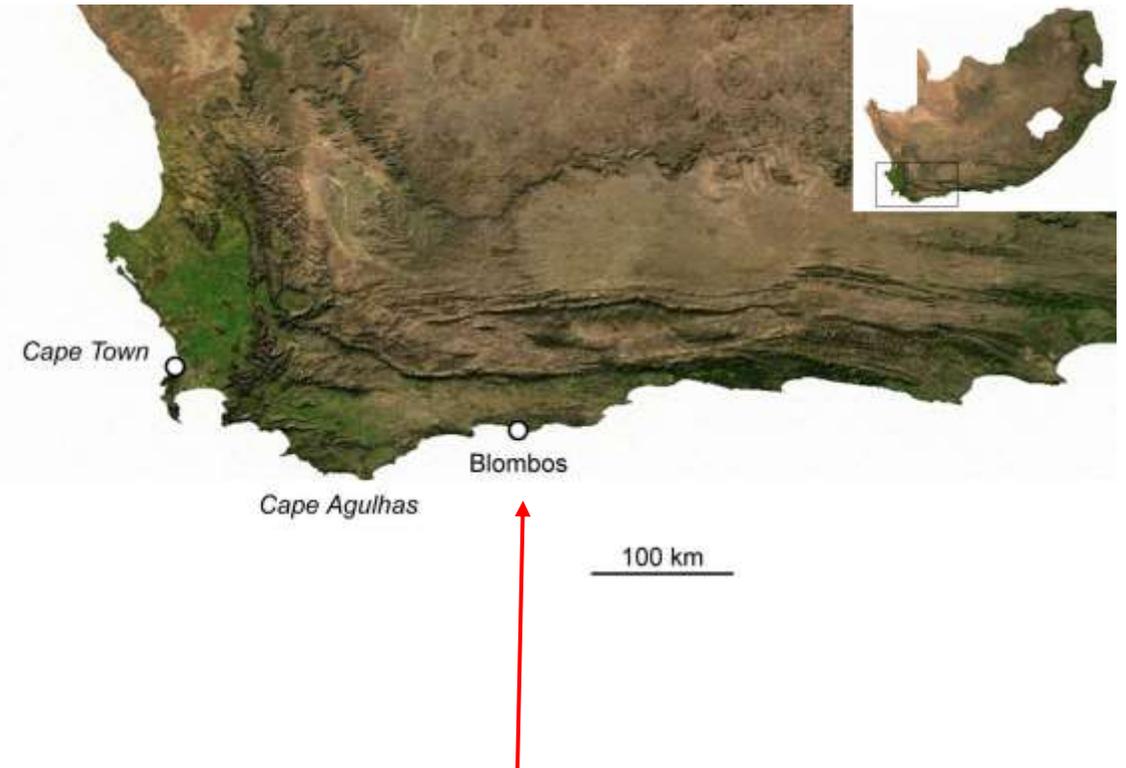
# LA PREISTORIA DELLE GALLERIE



Quell'*homo*, emigrante ante litteram, arrivò rapidamente anche in Sudafrica: **QUI SONO STATE SCOPERTE LE PIÙ ANTICHE TRACCE DI UN'ATTIVITÀ DI SCAVO IN SOTTERRANEO, PROBABILMENTE DI TIPO MINERARIO, ESERCITATE DALL'UOMO DI NEANDERTHAL, OGGI DATATE 110.000-120.000 ANNI FA.**



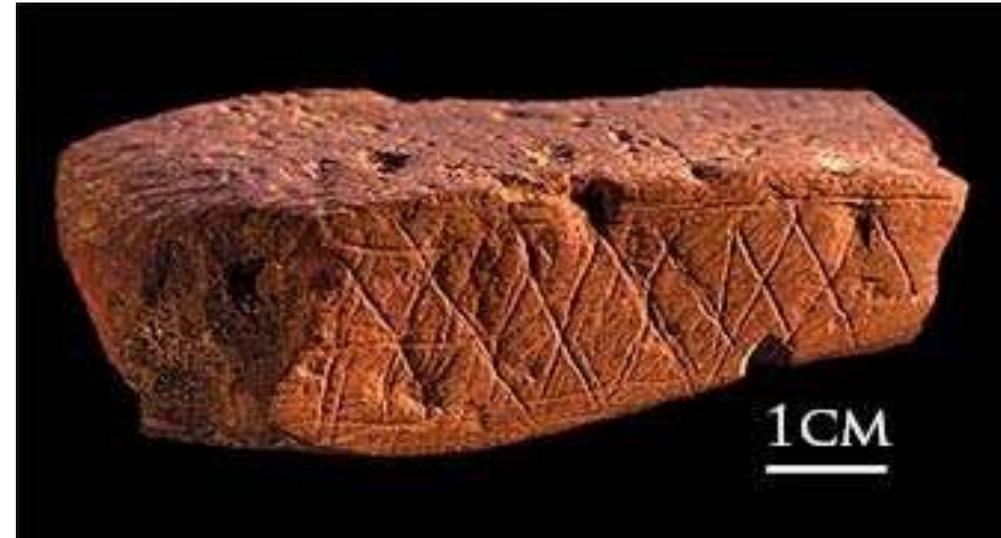
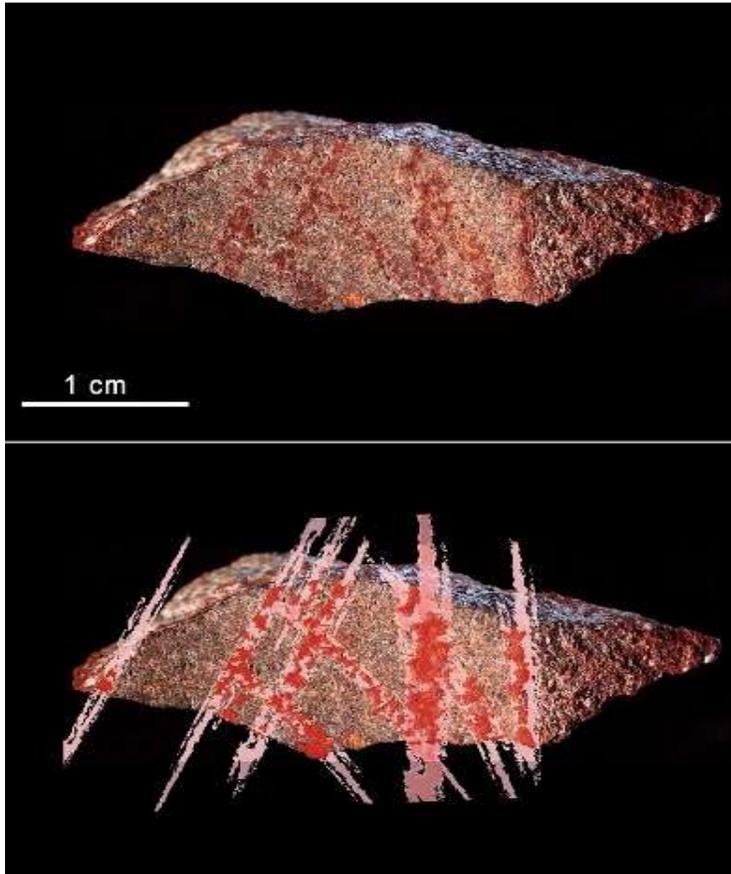
La caverna **Blombos**



## LA PREISTORIA DELLE GALLERIE



L'atelier di artista rinvenuto nella grotta di Blombos in Sudafrica (Bonvu Ridge) con resti di attrezzi e materiali per produrre colori (pestelli, carbone, frammenti di ocra rossa incisa, ematite – pietra di sangue) attesta non solo attività di scavo per estrazione, ma anche uno spirito artistico che già consentiva all'uomo di dipingersi il viso e di colorare pareti della grotta con segni rituali.



ocra rossa incisa

striature rosse tracciate  
sulle pareti della caverna

# LA STORIA (della costruzione) DELLE GALLERIE



La Storia delle Gallerie parrebbe incominciare 110-120.000 anni fa in Sudafrica dove sono state trovate pietre lavorate dall'uomo; in Indonesia son state invece ritrovate conchiglie striate dall'uomo 540.000 anni fa, ma non si sa se erano in galleria.



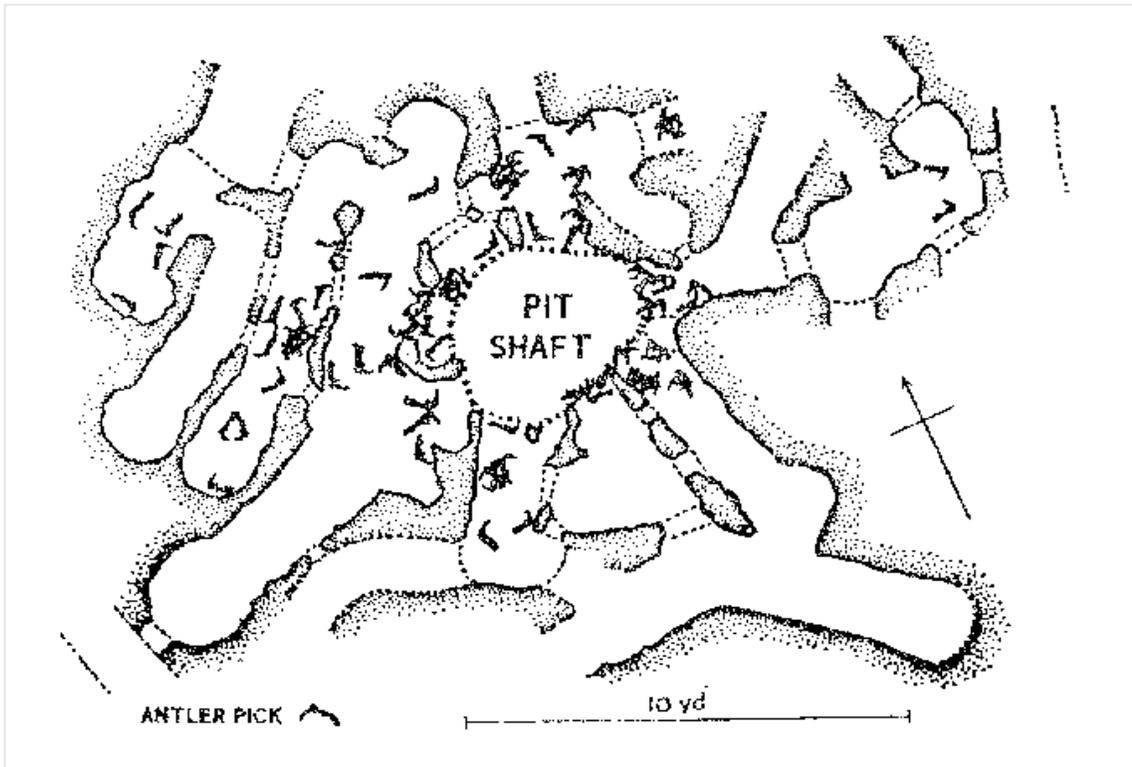
Una simile storia sarebbe molto lunga da raccontare: d'altra parte si trova tutto (o quasi) su INTERNET. Perciò limito questa mia storia da dilettante ad eventi non consueti od a situazioni particolari per gli insegnamenti che possono dare, al fine di essere breve (si fa per dire!) ed almeno un po' interessante.

# IL PRIMO PASSO AVANTI IN GALLERIA

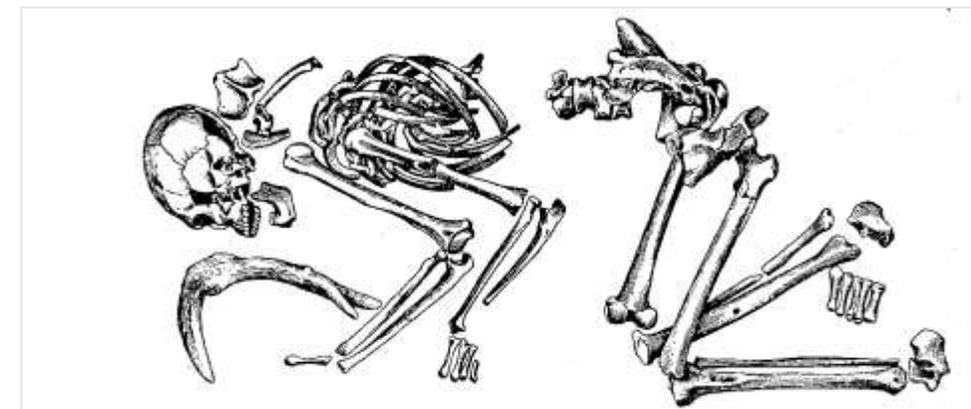
## la più antica miniera che si conosca

Il pozzo è profondo circa 10 m: da fondo pozzo si diramano a raggiera numerose gallerie irregolari molto piccole (circa metriche), senza sostegni.

Giungendo in sotterraneo alla superficie della collina, questi lavori insegnarono ad impostare gallerie di accesso a mezza costa: fu uno straordinario sforzo intellettuale!



"Grime's Graves" – Inghilterra  
miniera di selce



Obourg nel Belgio  
Scheletro di minatore addetto agli scavi della selce, schiacciato dal cedimento di una galleria mentre lavorava col suo piccone di corna di renna

# DISAGGREGAZIONE CON IL FUOCO DI ROCCE DURE NEI TEMPI ANTICHI PRIMA DELL'IMPIEGO DI ESPLOSIVO



—Ricostruzione di una miniera di rame a Mitterberg nel Tirolo. Il fuoco viene usato per spaccare la superficie della roccia. 1600-800 a.C.



G. Agricola: De Re Metallica – 1556 d.C.

# IL FUOCO PER IL FUTURIBILE DELLE GALLERIE



Il futuribile ritorno al fuoco per lo scavo di gallerie

bohren mit Raketentriebwerk

una TBM che con il fuoco si mangia il marino e vetrifica le pareti dello scavo

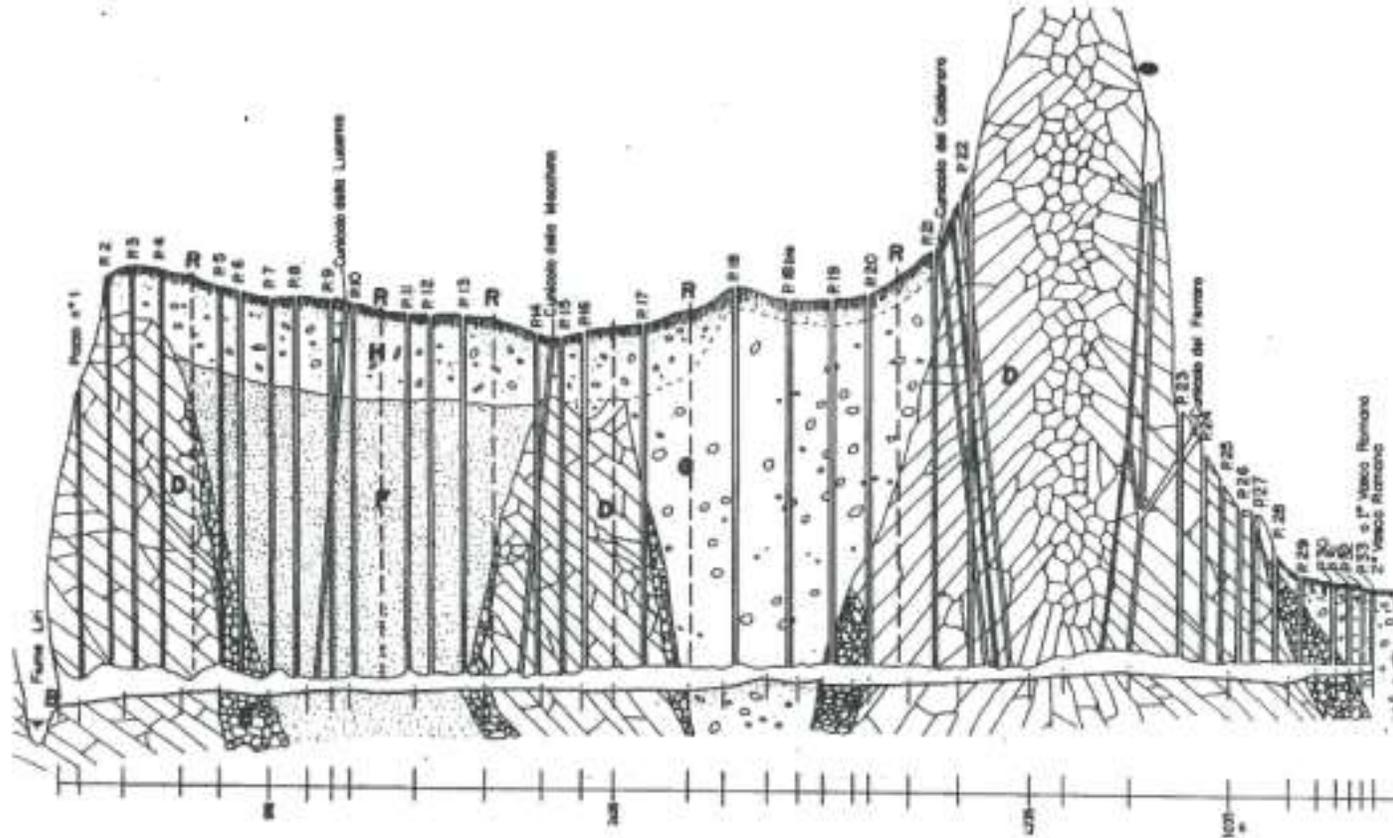
ISTT-International Society for Trenchless Technology

Bauen und Leben unter der Erde - 1997

# GALLERIE ROMANE



Galleria idraulica romana emissario del lago Fucino per controllare le piene ed aumentare l'area di terreno coltivabile



I numerosi lunghi pozzi (profondi da 85 a 120 m!) hanno avuto principalmente scopo topografico per seguire con la galleria una linea tracciata sul suolo e sono serviti anche come sondaggi esplorativi

# DALLA PREISTORIA DELLE GALLERIE A LEONARDO

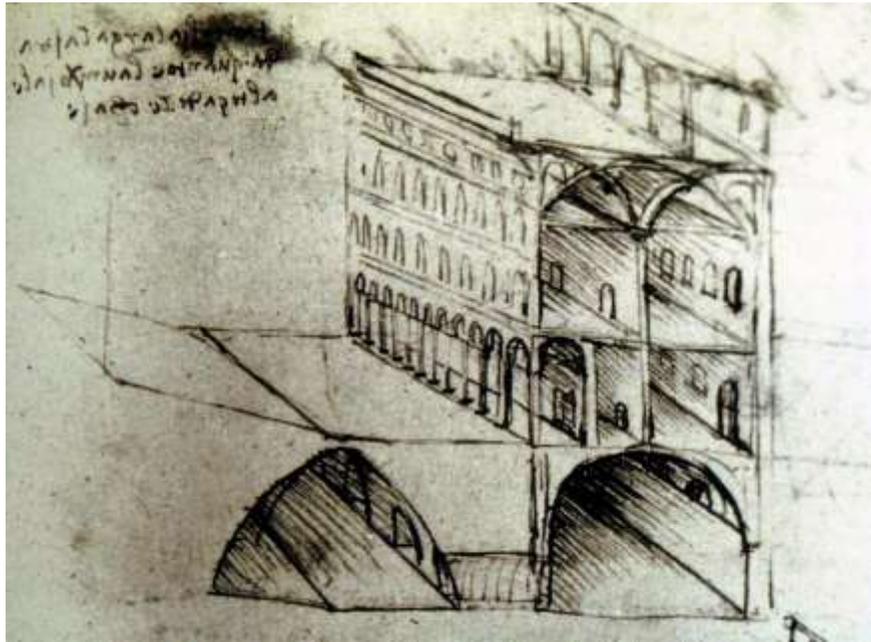


Egizi, greci e romani costruirono poche e corte gallerie stradali, che erano militari, ma svariate e lunghe gallerie per acquedotti.

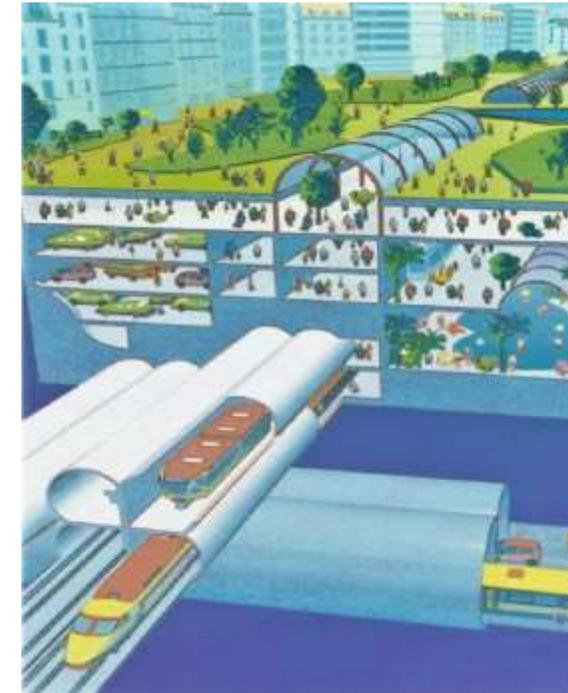
Nei secoli bui, dalla caduta dell'Impero Romano d'occidente (476 d.C.) alla scoperta dell'America (1492), sono passati mille anni silenti in tema di gallerie.

Ma con l'inizio del Rinascimento e con la successiva Rivoluzione Industriale, riprese lo sviluppo delle civiltà.

**Leonardo Da Vinci**, si occupò anche della «città ideale» (1452-1519) con molte gallerie.



Il «**sommo genio italiano**» progettò una “città ideale” che è rimasta un modello di riferimento per gli architetti del nostro tempo. Vi esistono vari tipi di strade, quelle più basse per il popolo e quelle più alte per i nobili oltre a strade coperte da portici che riparano dalla pioggia e strade sopraelevate destinate ai carri

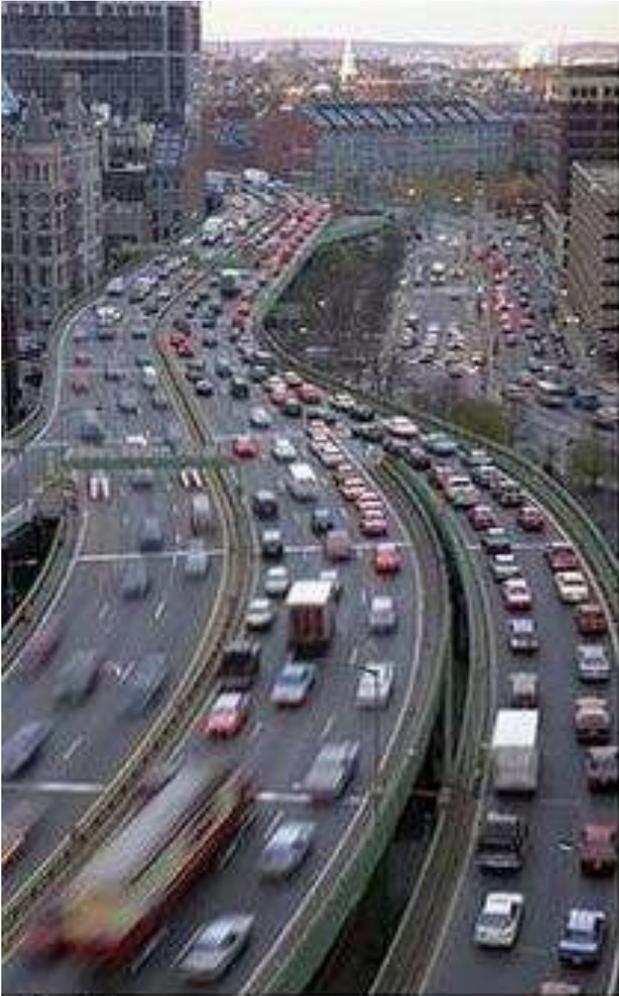


Moderna “città ideale”.

Il criterio, implicito nel pensiero di Leonardo, è lo stesso: *spiondare i servizi per lasciare all'uomo la luce del sole*

# 1982-2007 BOSTON USA

## LA TRASFORMAZIONE AMBIENTALE SOSTENIBILE DELLA PRINCIPALE AUTOSTRADA CITTADINA



**BEFORE**



**AFTER**

Riconversione della Interstate 93  
in un tunnel di 5,6 km sotto la città.  
Il risultato è straordinario, il costo è  
stato stratosferico.

LE PICCOLE GALLERIE ALPINE POST-MEDIOEVALI CHE HANNO DIMOSTRATO CHE ANCHE LA GENIALITA' TECNICA DEGLI UOMINI NON SI ERA APPANNATA DURANTE I SECOLI BUI.

**1478** – BUCO DI VISO O BUCO DELLE TRAVERSETTE: fu il primo traforo stradale Alpino per uomini e muli

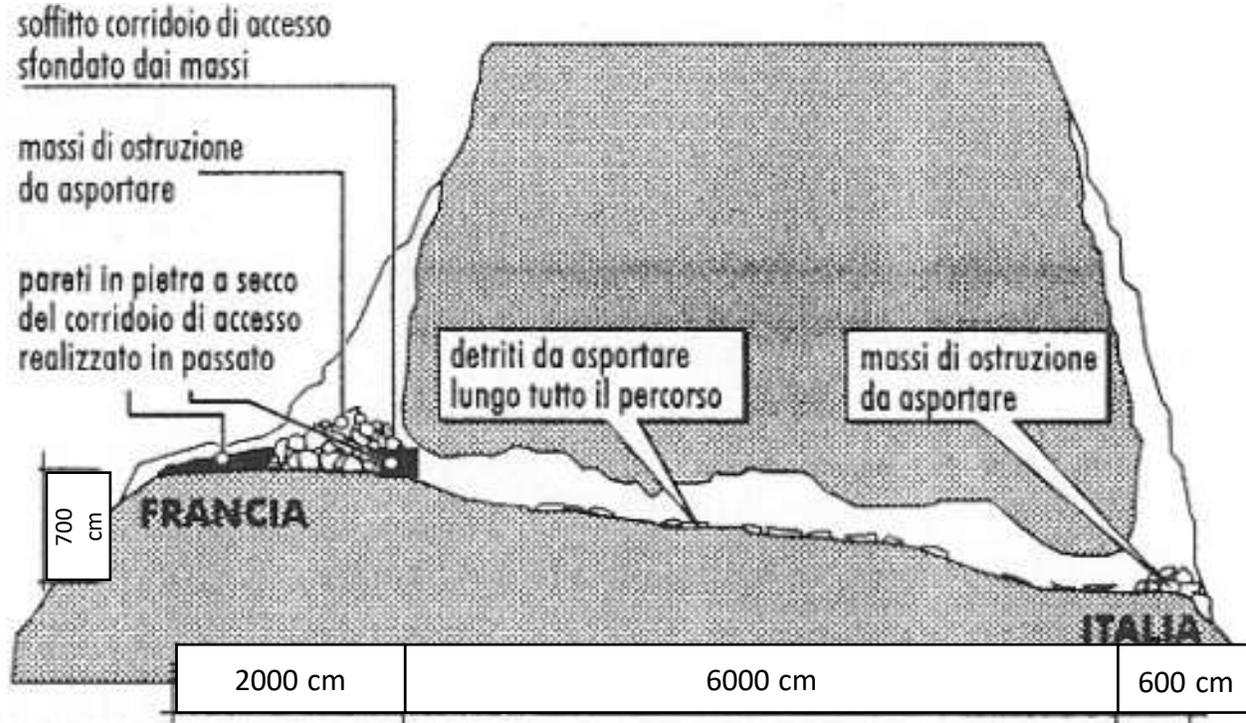
**1526-1533** – IL GRAN PERTUS O IL PERTUS DI COLOMBANO ROMEAN: piccola galleria idraulica di 433 m

**1707** – BUCA D'URI di 60 m, sulla stradale del San Gottardo: fu la prima galleria carrozzabile delle Alpi

# 1475-1480 PERTUIS DU VISO



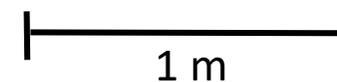
quota  
2870 m  
s.l.m.



Piccola galleria di tipo stradale sulla “via del sale”, una mulattiera tra Provenza e Piemonte, che è stata costruita a mano dagli spalloni locali a quota 2870 m s.l.m. per uomini e muli che vi camminavano in fila Indiana, per ribassare di 30 m il difficile passo del Colle delle Traversette (Moviso)

# 1526-1533

## IL «GRAN PERTUS» IL PERTUS DI COLOMBANO ROMEAN PERTUS DEL RIO DI TOUILLES



Galleria idraulica per irrigazione di 433 m a circa 2000 m di quota sotto i Quattro Denti di Chiomonte (Susa), scavata a mano da un solo uomo durante 7 anni (7 cm/dì)

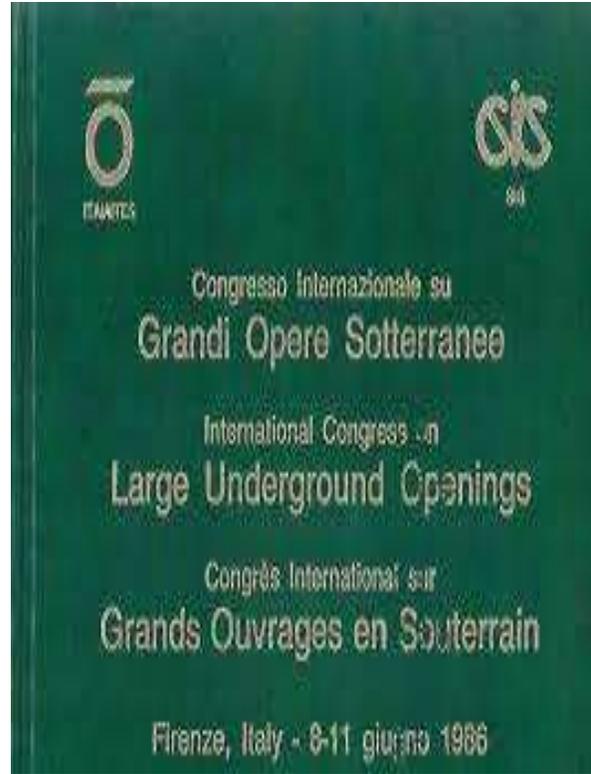
# 1870 BUCA D'URI



Prima galleria stradale carrozzabile delle Alpi, lunga 60 m, per attraversare il dosso di Kerchberg (San Gottardo). Fu scavata dal ticinese Pietro Morettini



Torino 1969



Firenze 1986



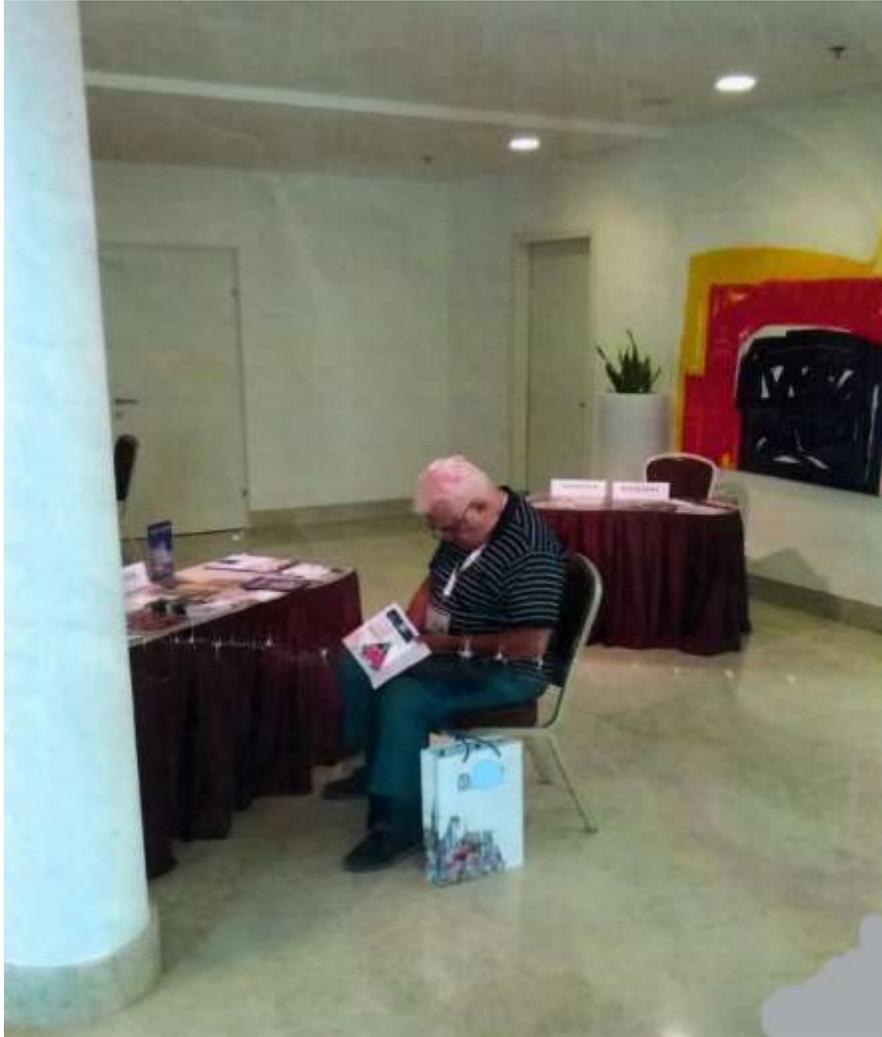
Milano 2001



Napoli 2019

I quattro World Tunnel Congress organizzati in Italia  
che sono parte della Storia delle Gallerie

# ANCHE I CONGRESSI MONDIALI SULLE GALLERIE FANNO PARTE DELLA STORIA (MODERNA)



IL PROFESSORE VA AL CONGRESSO

I grandi World Tunneling Congress della ITA/AITES godono del favorevole risultato di una collaborativa apertura dei «cantieri» e del rinsaldamento delle conoscenze e dello scambio della Conoscenza: hanno sempre un vivo successo e sono ormai diventati parte importante della storia delle gallerie.

L'Italia, grande costruttrice di gallerie, ne ha organizzati quattro grazie all'impegno della SIG e dei Consoci:

- a Torino nel 1969
- a Firenze nel 1986
- a Milano nel 2001
- a Napoli nel 2019

# CHE COSA ABBIAMO IMPARATO DALLA STORIA DELLA COSTRUZIONE DELLE GALLERIE?



La mia attività di docente e di professionista esperto nel settore, ho potuto seguire durante i decorsi 50 anni che cosa è accaduto nelle gallerie, quali sono stati i successi e gli errori commessi, che cosa ci hanno insegnato... **NON FACCIAMO UNA LEZIONE**, voglio partire da considerazioni semplici.

Per uno sguardo verso il futuro considero due tipi di gallerie:

- gallerie in area urbana, a piccola profondità, in terreno sciolto
- gallerie stradali e ferroviarie di grande sezione che sottoattraversano estese barriere (rilievi montani, bacini acquiferi, vaste aree urbanizzate) e che perciò sono lunghe e profonde

Metodo di costruzione: successione ciclica e coordinata di operazione di scavo, sostegno e prerinforzo del terreno.

I metodi di costruzione sono nati con le gallerie del XIX secolo e sono stati ideati, sperimentati e sviluppati sulla base di vari criteri:

- ampliare le tipologie geotecniche dei terreni scavabili
- aumentare le condizioni di sicurezza e migliorare le condizioni ergonomiche per le maestranze (ad esempio l'impiego di centine «sicure» cioè centine autoinstallanti)
- aumentare la velocità di scavo
- ridurre il disturbo ambientale
- migliorare la produzione di galleria finita nell'unità di tempo

# UN ESEMPIO DEL MODERNO MIGLIORAMENTO DELLE CONDIZIONI DI SICUREZZA CENTINA AUTOINSTALLANTE richiede un solo operatore al fronte



Vengono utilizzate a seconda del produttore centine rigide a profilato oppure a tubo, centine cedevoli T.H.

# CENNI SUI METODI ATTUALI DI COSTRUZIONE DI GALLERIE



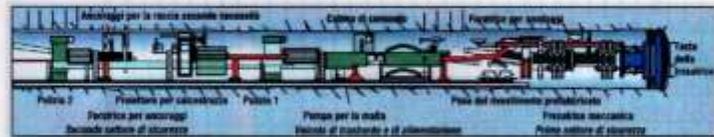
- convenzionale: lento, flessibile, adattabile ad ogni condizione geotecnica, compresa anche la grande profondità
- meccanizzato integrale per le due diverse tipologie di galleria: rigido, veloce, ergonomico



Metodo convenzionale, ciclico, per la costruzione di gallerie con abbattimento mediante esplosivo ed attacco a piena od a mezza sezione



Metodo convenzionale, ciclico, per la costruzione di gallerie con macchine di scavo ad azione puntuale (fresche a braccio brandeggiabile, martello demolitore, escavatore meccanico, ecc.) ed attacco a piena sezione oppure a sezione divisa per attacchi multipli, senza o con consolidamenti preventivi del terreno



Metodo di scavo meccanizzato, ad abbattimento continuo, per la costruzione di gallerie con attacco a piena sezione mediante fresche integrali (TBM), di tipo aperto o scudato, senza o con contropressione al fronte



1. Cutting wheel - 2. Drive unit - 3. Push cylinder - 4. Air lock - 5. Screw conveyor - 6. Ejector - 7. Screw conveyor gate - 8. Segment hauler - 9. Segment crane - 10. Conveyor

Metodo di scavo meccanizzato, ad abbattimento continuo, per la costruzione di gallerie a piena sezione, in terreni anche sottofalda, mediante scudi meccanizzati, con contropressione al fronte.



La testa rotante per l'abbattimento della roccia di una TBM (Tunnel Boring Machine – Macchina di scavo integrale, cioè a piena sezione, di una galleria) che sta lavorando in buona roccia coerente

In entrambi i tipi di gallerie il metodo convenzionale sta perdendo consenso a fronte dello scavo meccanizzato integrale.

Il metodo convenzionale è noto ed efficace per gallerie relativamente poco lunghe e/o di sezione di scavo molto grandi od irregolari.

Sarebbe necessario il tempo di più corsi universitari per descriverli.

Ricorderò solo le tipologie fondamentali che hanno più di recente segnato la storia:

- Il metodo NATM (Nuovo Metodo Austriaco) basato sul controllo della stabilità mediante lo scavo di una sezione divisa in più attacchi



GEODATA, Torino

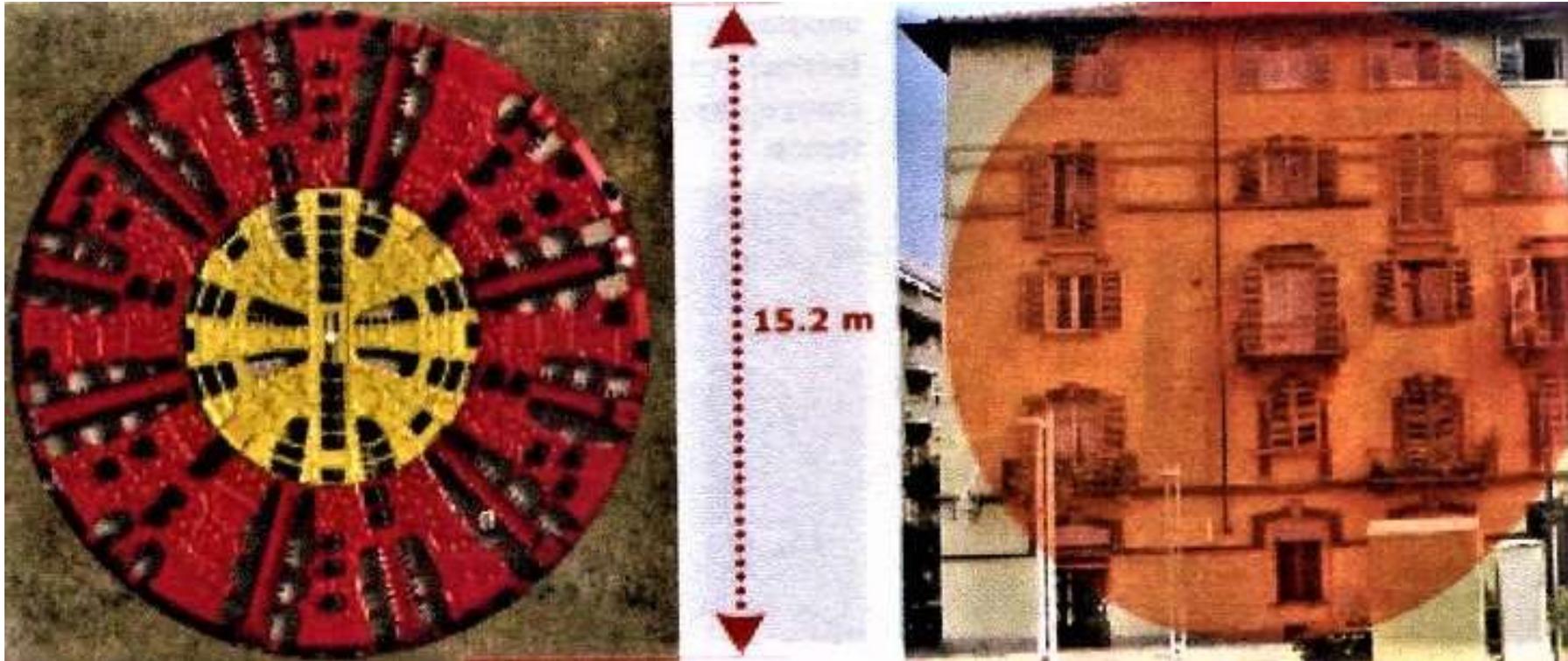
- Il metodo ADECO-RS basato sul criterio dello scavo a piena sezione con l'impiego di vari metodi ausiliari di consolidamento e rinforzo dei terreni



ROCK SOIL, Milano

- Il metodo di scavo meccanizzato integrale per le rocce da Maus a Robbins e, per le terre, sin da Beaumont per il Tunnel della Manica

## IL MODERNO GIGANTISMO



Scavo in aree urbane: per metropolitane stradali o ferroviarie, per collettori fognari, talora sotto falda in terreni sciolti.

Lo scavo meccanizzato integrale è dominante, con impiego di macchine a contropressione sul fronte (EPB, HS, MIX)

Le macchine le conosciamo bene (+ o -).

Rilevo l'aspetto fondamentale, non sempre capito o considerato, che è di piena attualità:

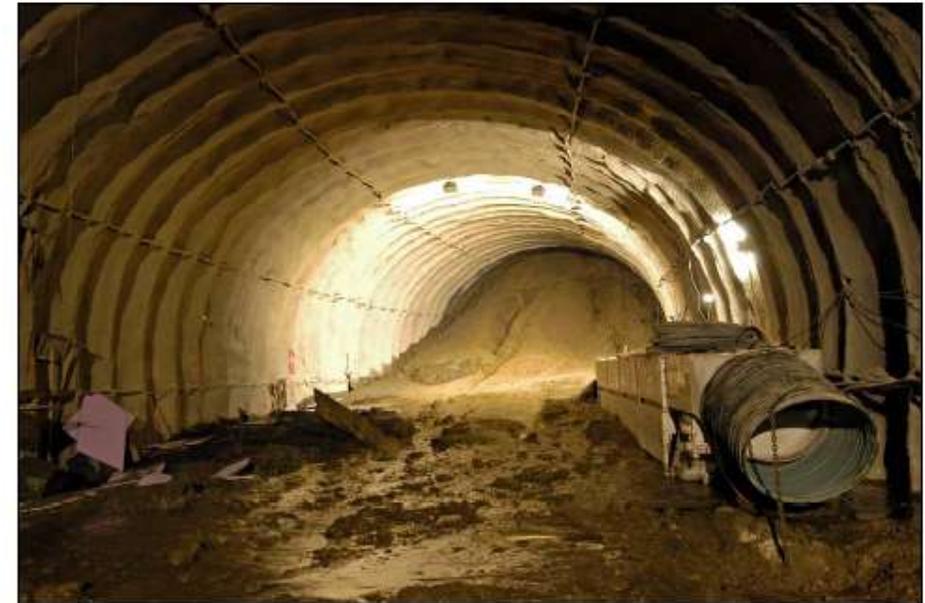
- i terreni sciolti possono essere intimamente ed estremamente variabili alla scala della sezione della galleria;
- non è vero ciò che spesso si dice e cioè che dei terreni detriti di falda o alluvionali, a piccole profondità conosciamo tutto
- le TBM a contropressione e le tecniche di consolidamento e rinforzo sono estremamente sensibili alle variazioni delle caratteristiche geotecniche del terreno anche a piccole scale
- le indagini di progetto devono essere molto dettagliate, svolte con varie metodologie, anche con l'impiego di numerosi sondaggi carotati, la cui esecuzione è favorita dalla piccola profondità

LA METROPOLITANA DI LOSANNA UN ESEMPIO EDUCATIVO

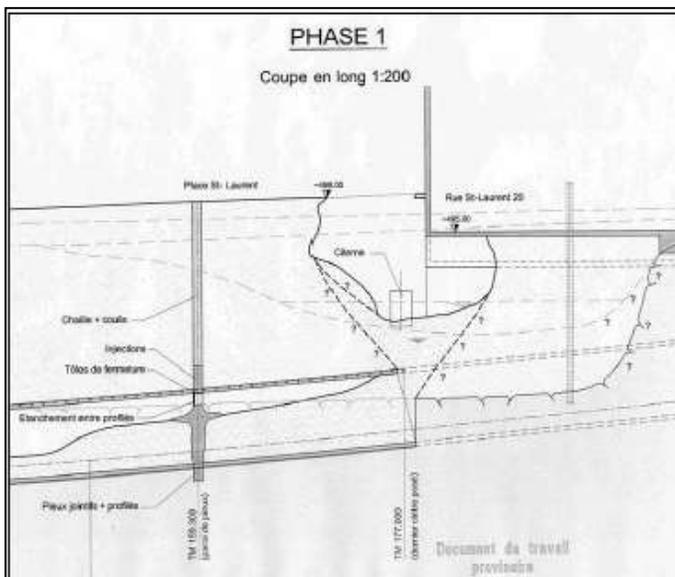
# METROPOLITANA DI LOSANNA

## esempio di ingegnosa decisione del Committente

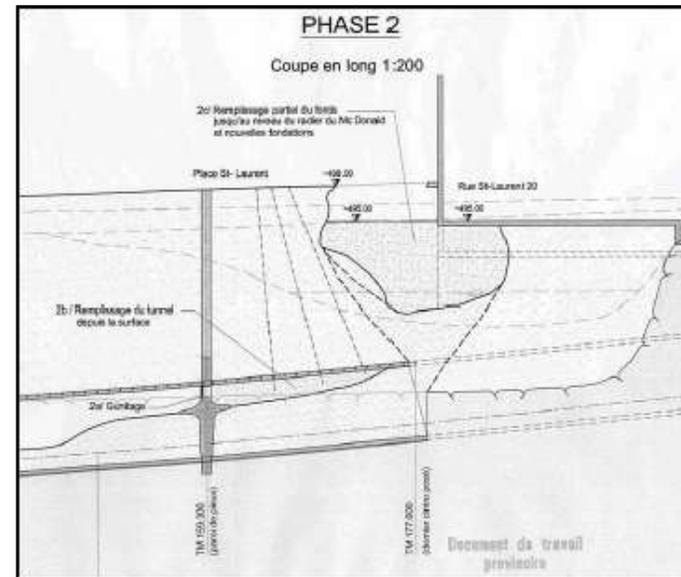
Entro 44 ore del crollo originale, la società Metro Losanna-Ouchy SA ha detto che la fase critica era passata e ha permesso che alcuni lavori di costruzione ricominciassero, anche se il recupero dell'area compromessa era in corso.



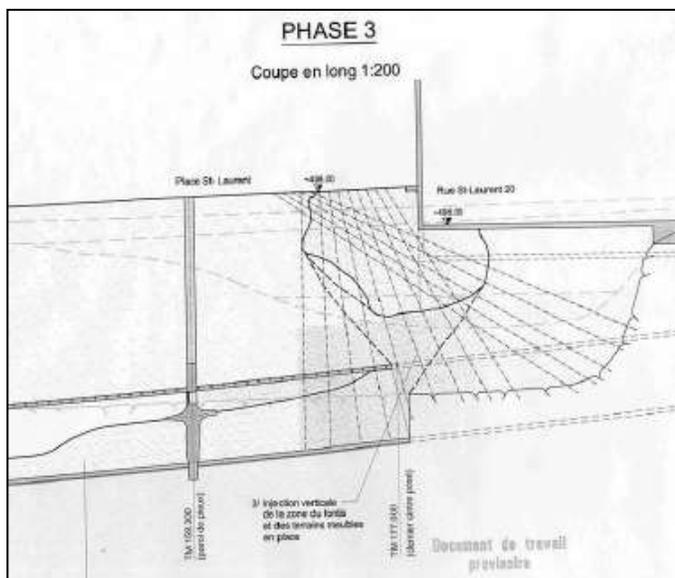
Per il ripristino del crollo è stata realizzata una barriera composta da 11 pali al fine di consolidare il terreno a monte del collasso e limitare il flusso di materiale e acqua



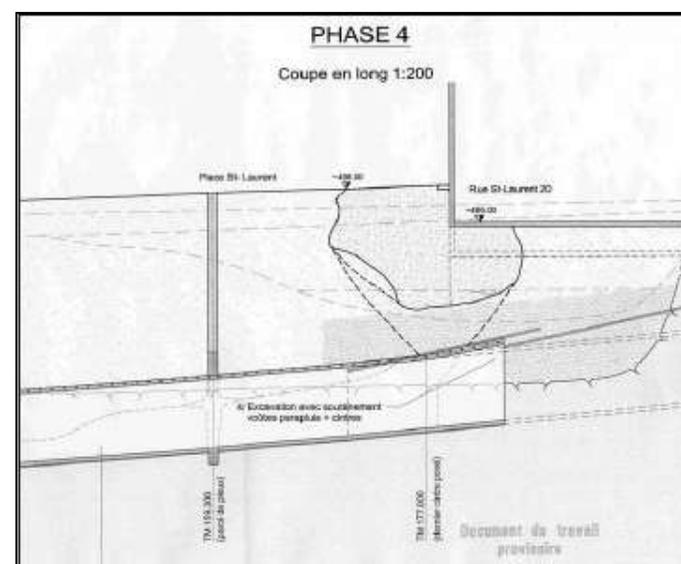
costruzione delle  
barriere



consolidamento del  
cumulo del terreno  
franato



riempimento della caverna  
con **sabbia di vetro** e suo  
consolidamento, con il che  
l'Amministrazione conseguì  
due scopi: disfarsi del  
metro rotto e non ritardare  
la costruzione



ripresa dello scavo  
della galleria sotto  
i palazzi

# COSTRUZIONE DELLE GRANDI GALLERIE LUNGHE E PROFONDE



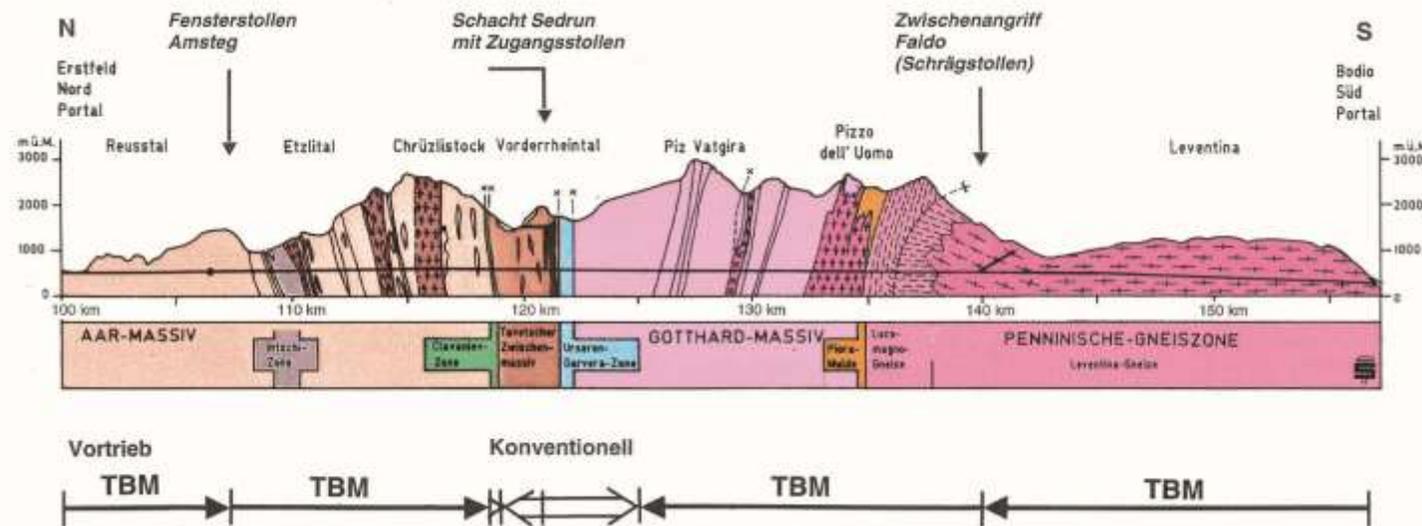
Le problematiche sono molto complesse.

La grande (~ 1000÷2000 m) profondità inesorabilmente limita le indagini di tipo «geo».

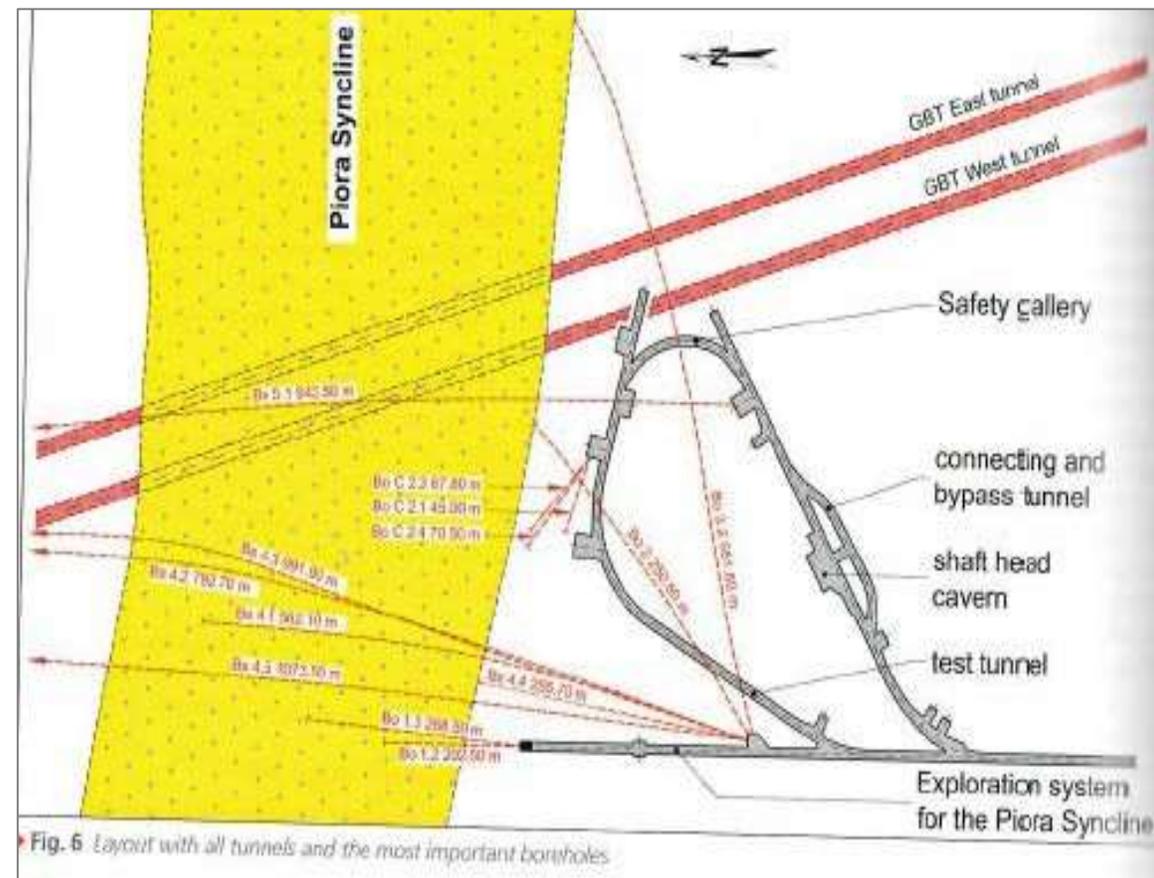
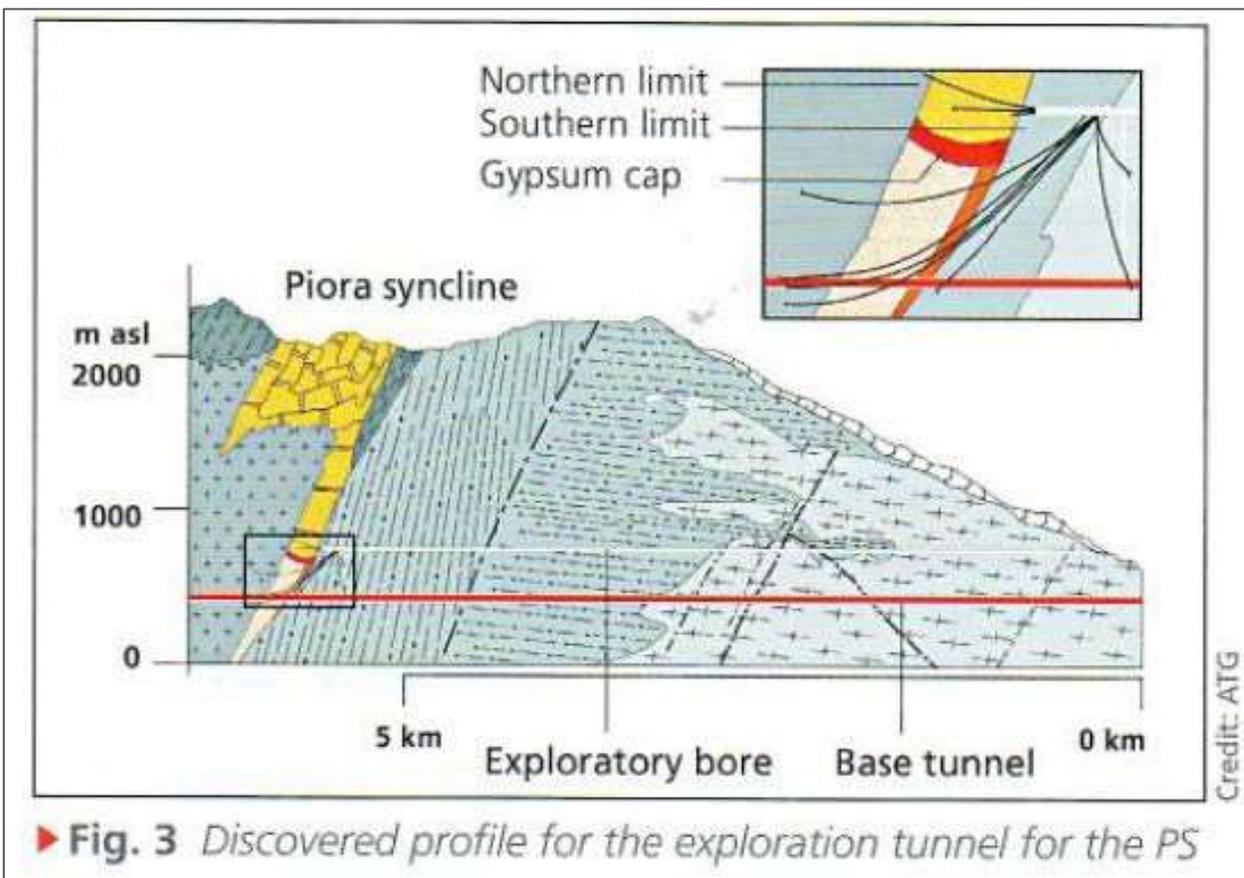
E' proprio alle grandi profondità sarebbe necessario conoscere al meglio le caratteristiche geotecniche del terreno e la loro variabilità alla scala della galleria perché è a questa scala che la TBM combatte.

Le indagini di Progetto Definitivo dovrebbero essere avanzate dalla Committenza il più possibile, perché in fase di gara non sarà possibile attuare alcun tipo di indagini sino alla profondità della galleria.

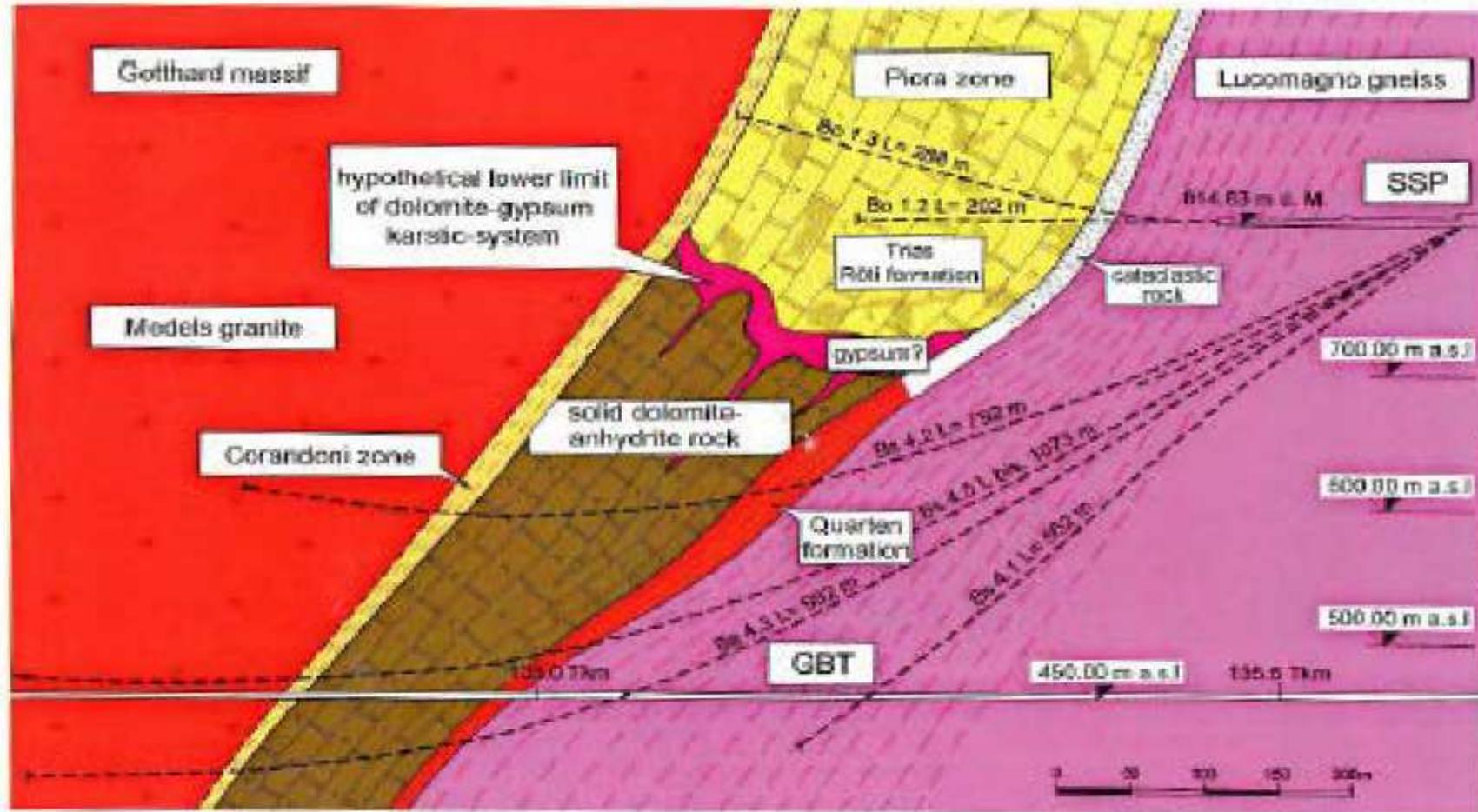
## TRAFORO DI BASE DEL SAN GOTTARDO (2016) - indagini per la faglia della Piora



# TRAFORO DI BASE DEL SAN GOTTARDO (2016) indagini per la faglia della Piora



# TRAFORO DI BASE DEL SAN GOTTARDO (2016) indagini per la faglia della Piora



Credit: Keller, F., and Ziegler, H.-J., 2009

► **Fig. 4** Evaluation of the exploratory boreholes in the vicinity of the Piora zone (SSP: exploratory tunnel for the Piora zone; GBT: Gotthard Base Tunnel; Bo/Bs: borehole)

Le conoscenze geo hanno anche un profondo significato per progettare e costruire la TBM da roccia ottimale che normalmente è da scegliere tra le tre grandi tipologie di base, sempre da roccia: aperta, monoscudata, biscudata.

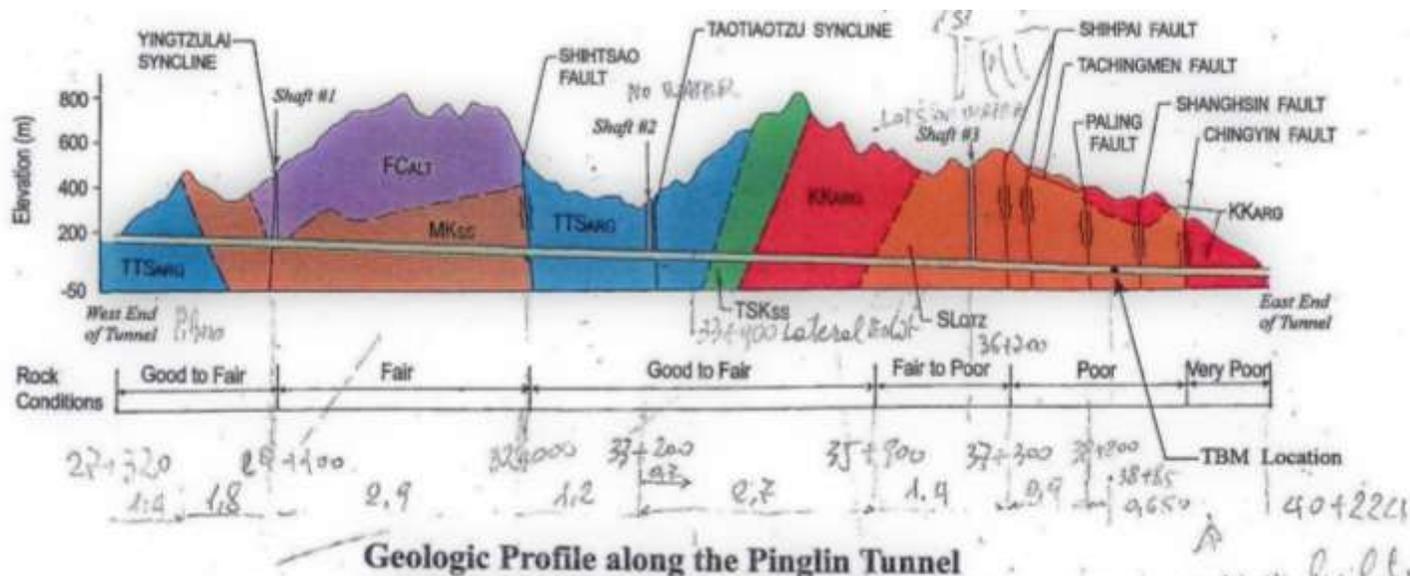
La macchina scelta, dovrà essere in grado di affrontare tutti i comportamenti geomeccanici lungo l'intero tracciato, i quali sono in primo luogo dominati dalla profondità e dalla tipologia tecnica del terreno.

# GALLERIA STRADALE DEL PLINGLIN (TAIWAN) NUOVO NOME: HSUEHSHAN



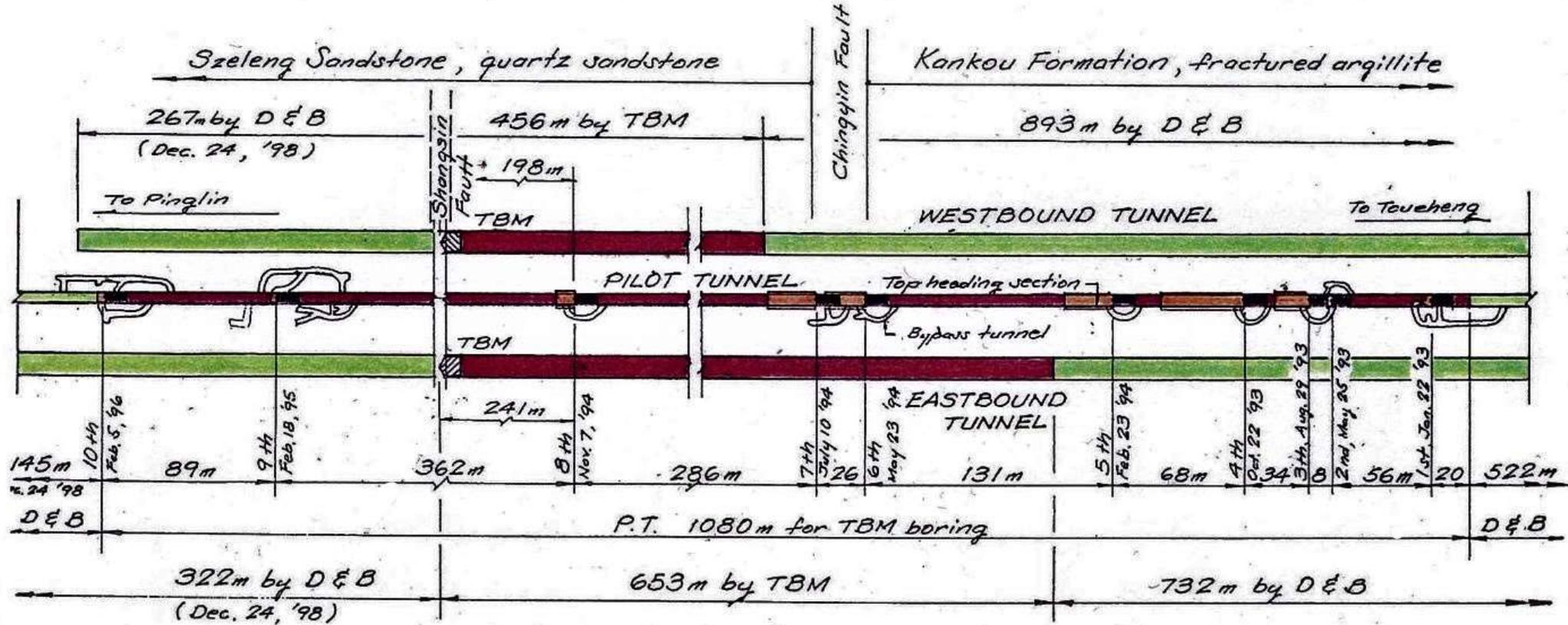
**LE TBM: UNA FIGURACCIA!**

# GALLERIA STRADALE DEL PLINGLIN (TAIWAN)



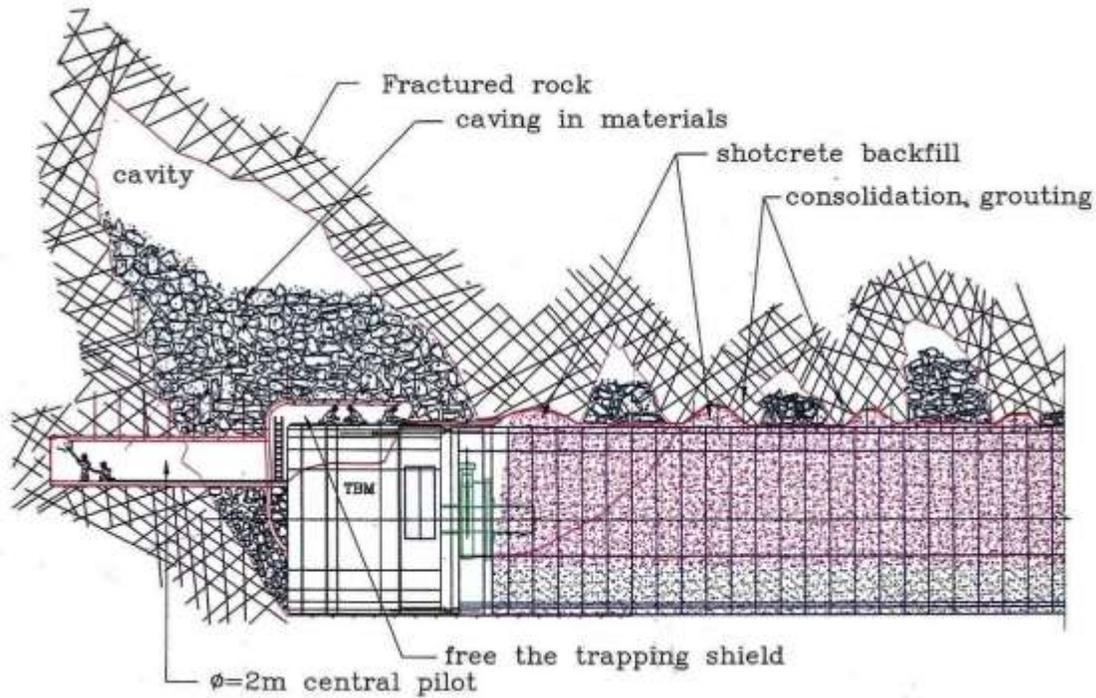
ROCK TYPE	FC1	FC2	HK1	MK2	TTS1	TTS2
UNIAXIAL COMPRESSIVE STRENGTH (kg/cm <sup>2</sup> )	1500-2000	300-800	600-900	200-500	150-600	100-200
ROCK TYPE	TTS3	TTS4	TSK	KK	SL1	SL2
UNIAXIAL COMPRESSIVE STRENGTH (kg/cm <sup>2</sup> )	200-600	100-200	500-1000	200-300	200-1000	1500-2500

# GALLERIA STRADALE DEL PLINGLIN (TAIWAN)



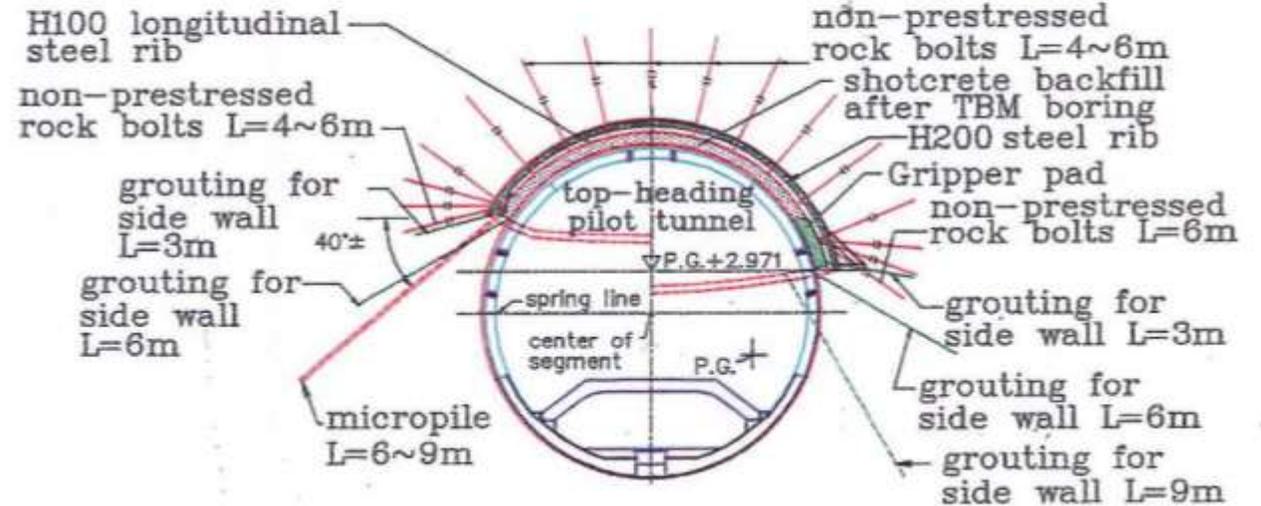
**LOCATION OF EACH TBM STUCK IN PINGLIN PILOT TUNNEL**

# GALLERIA STRADALE DEL PLINGLIN (TAIWAN)

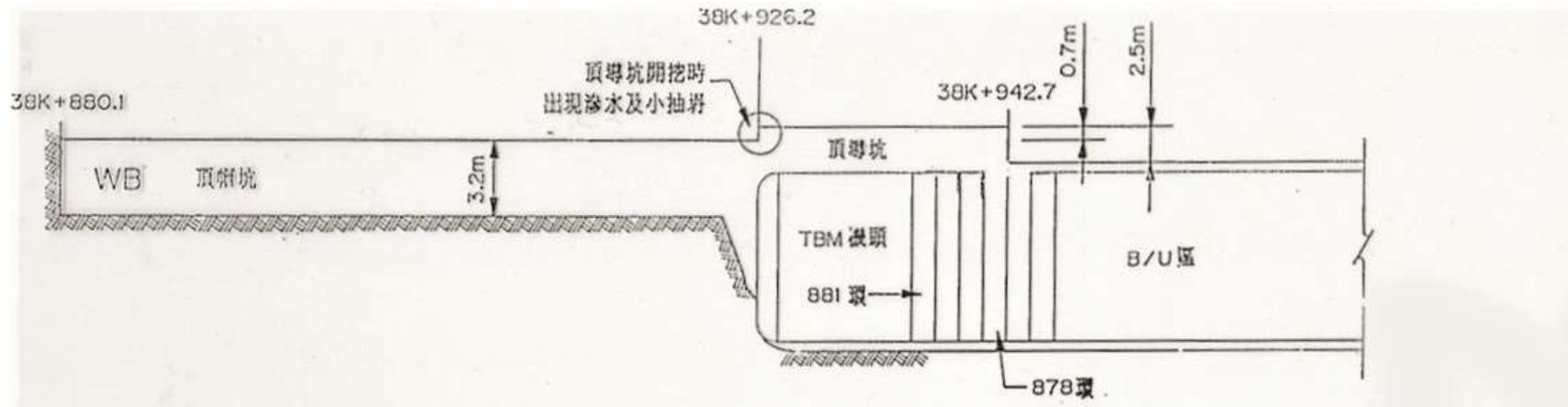


Shanghsin Fault to Paling Fault  
top-heading pilot tunnel  
with single shield mode

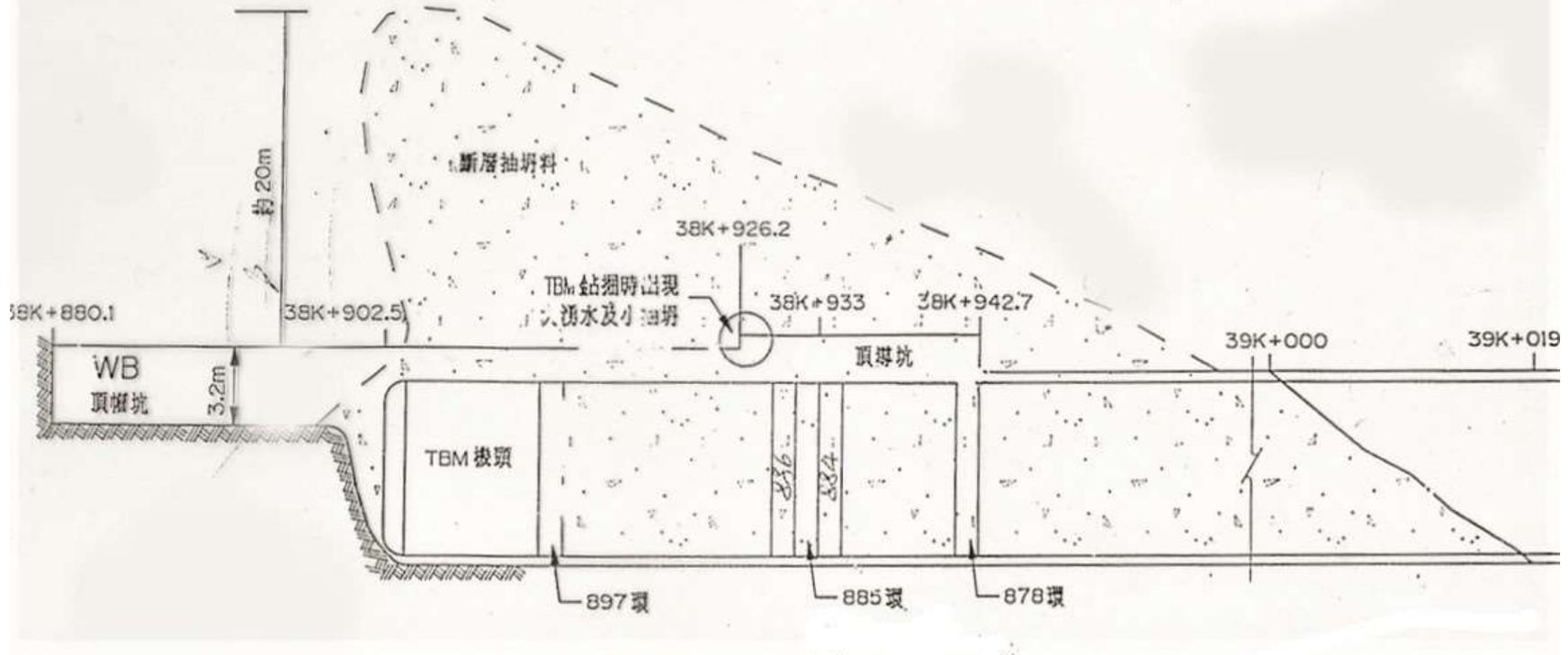
Chingyin Fault  
top-heading pilot tunnel  
with double shield mode



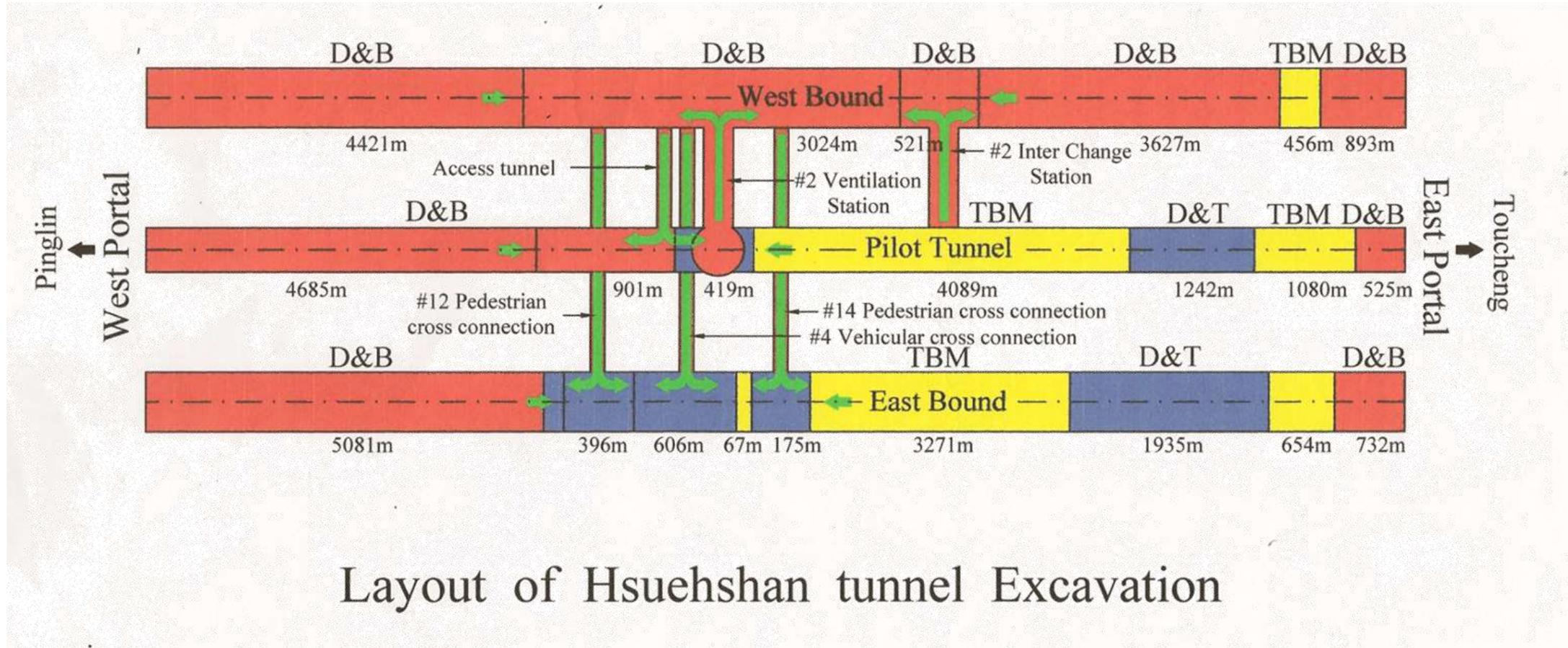
# GALLERIA STRADALE DEL PLINGLIN (TAIWAN)



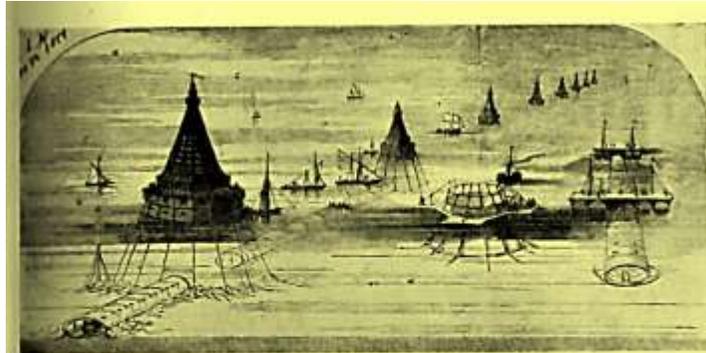
86.12.10 主坑西行線里程38K+902.5+附近相關位置剖面示意圖



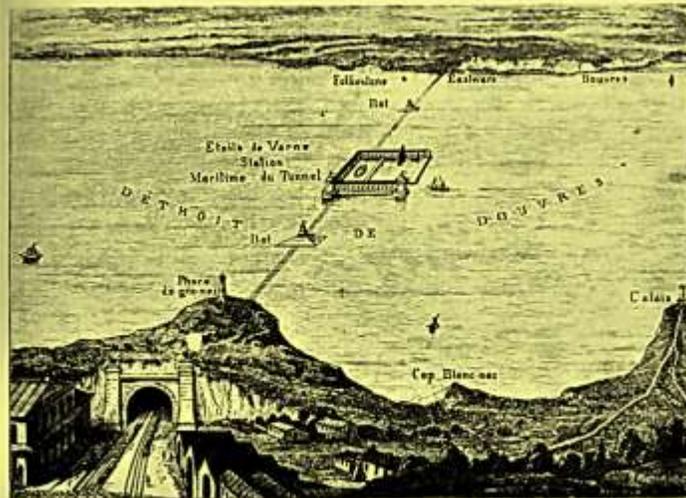
# GALLERIA STRADALE DEL PLINGLIN (TAIWAN)



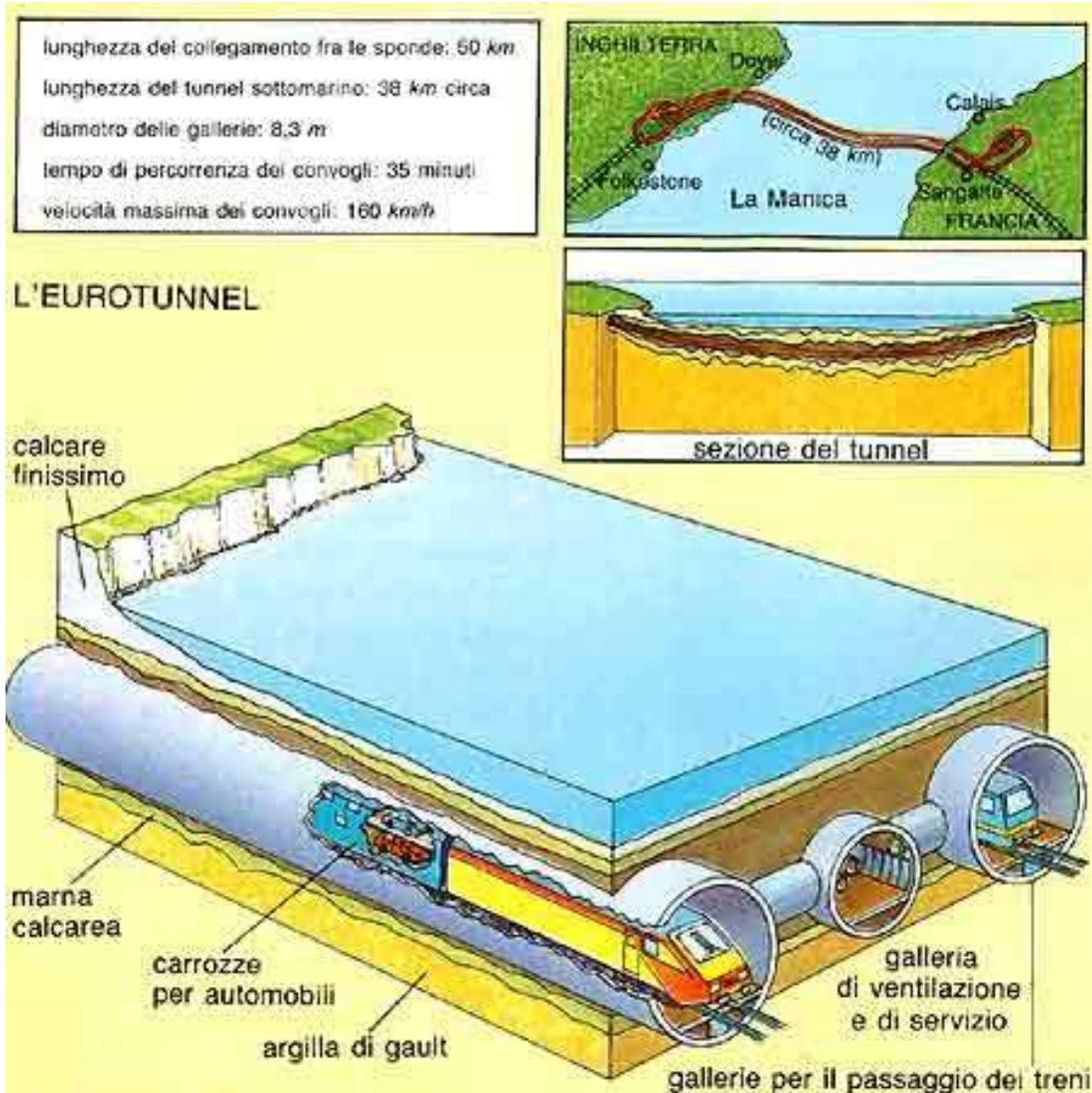
# THE CHANNEL TUNNEL DAL 1887 AL 1994



Artist's impression of laying the pre-fabricated tube on the sea-bed suggested in 1867 by Hector Horeau.



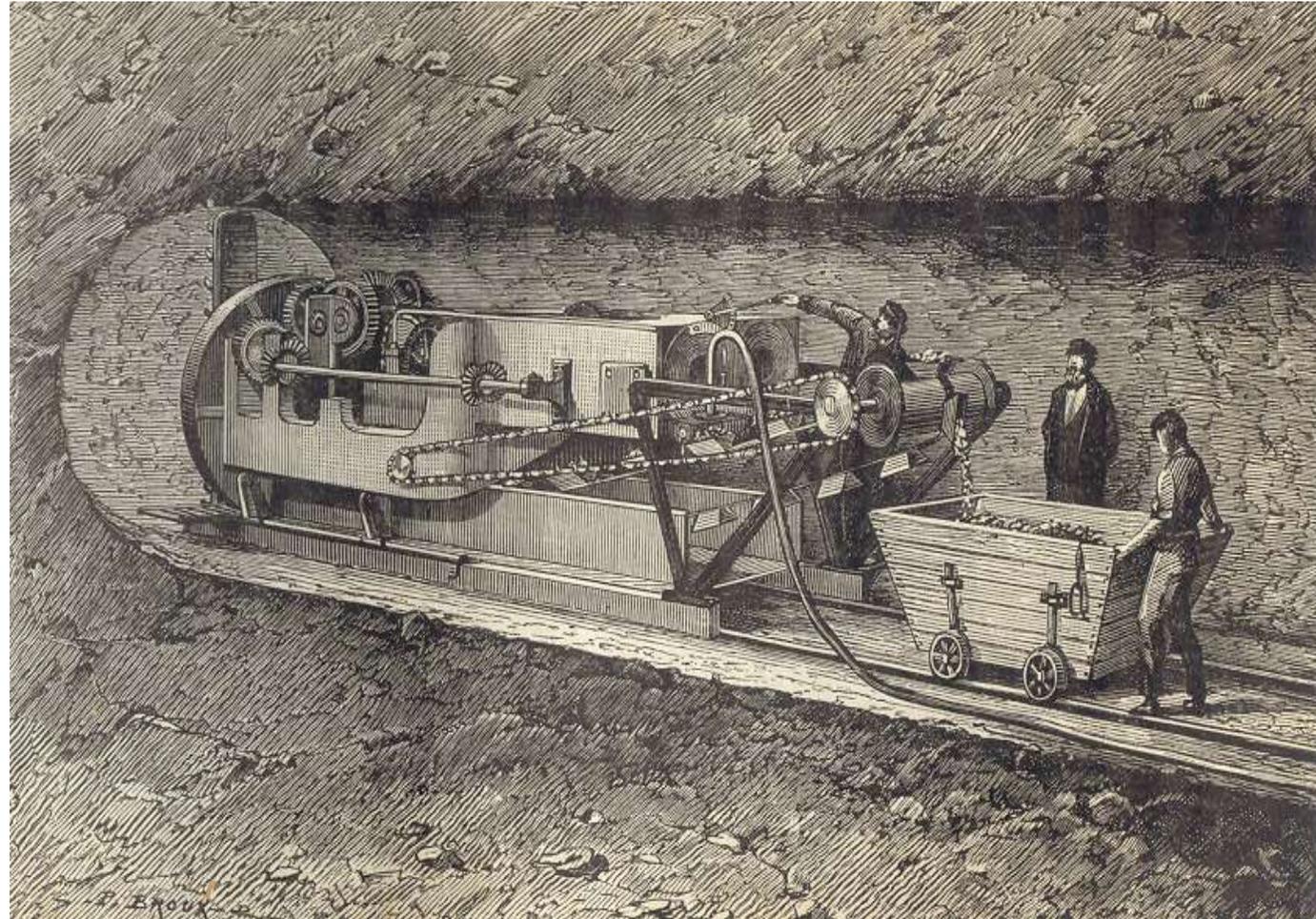
Thomé de Gamond's tunnel scheme of 1856. The islands mark the tops of airshafts.



Galleria a tre tubi di circa 50 km, ha il tratto sottomarino di 39 km che è il più lungo del mondo

# THE CHANNEL TUNNEL

## IL PRIMO TENTATIVO PER LO SCAVO MECCANIZZATO DEL TRAFORO

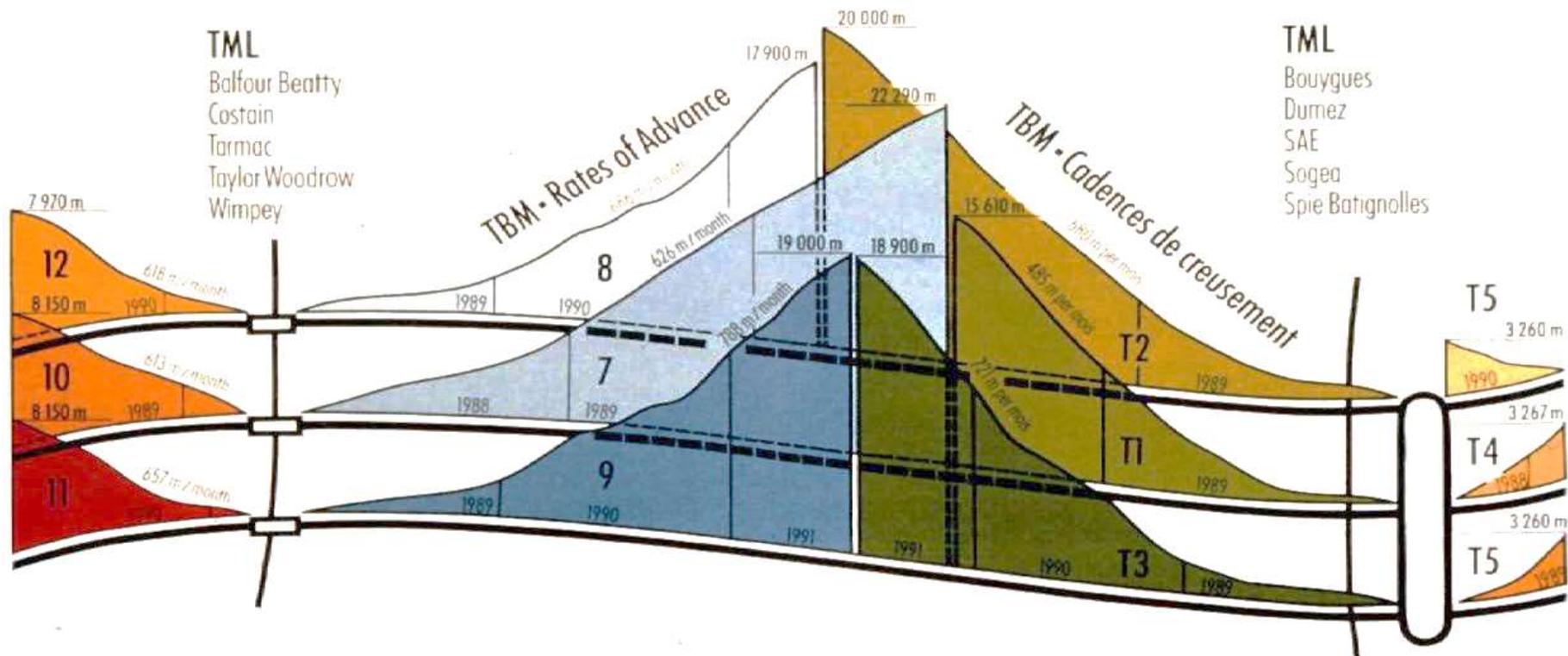


Machine Beaumont, pour le creusement des tunnels dans les roches tendres  
Battendo la macchina di Brunton che non era risultata affidabile la TBM Beaumonti il 19 luglio 1882 iniziò lo scavo del cunicolo del traforo della Manica con un avanzamento giornaliero di circa 12 m e sino al 18 marzo 1883 scavò 1839,6 m

# THE CHANNEL TUNNEL



## l'apoteosi dello scavo con TBM



TML  
Balfour Beatty  
Costain  
Tarmac  
Taylor Woodrow  
Wimpey

TML  
Bouygues  
Dumez  
SAE  
Sogea  
Spie Batignolles

11 + 12  
James  
Howden



10  
James  
Howden



8 + 9  
Robbins  
Markham



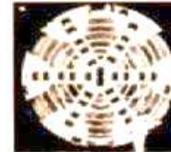
7  
James  
Howden



T2 + T3  
Robbins  
Kawasaki



T1  
Robbins



T5  
Mitsubishi



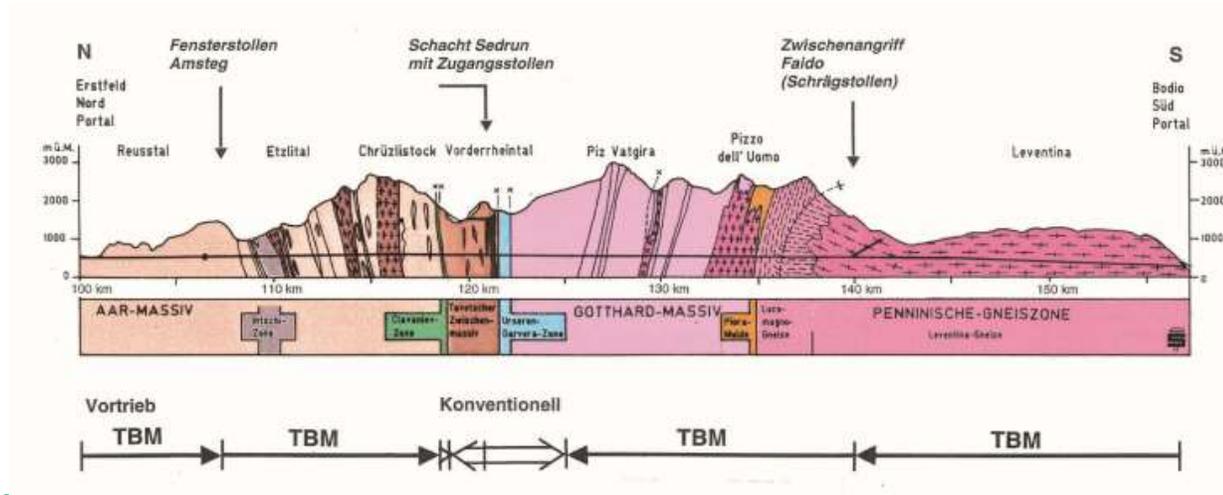
T4  
Mitsubishi



# NUOVI TRAFORI TRANSALPINI – LE PIU' LUNGHE GALLERIE FERROVIARIE DEL MONDO



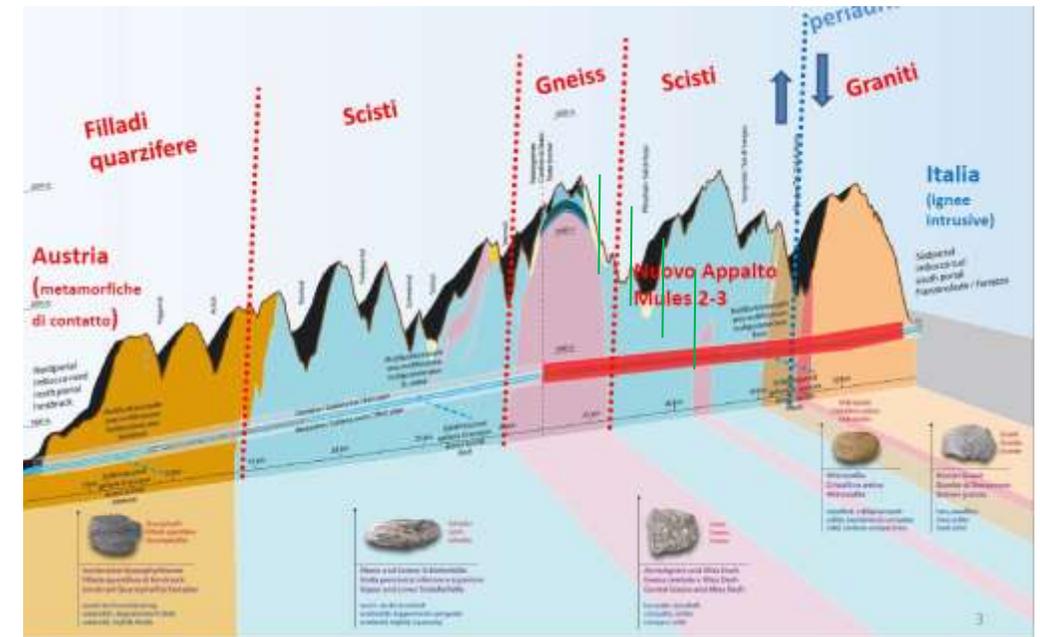
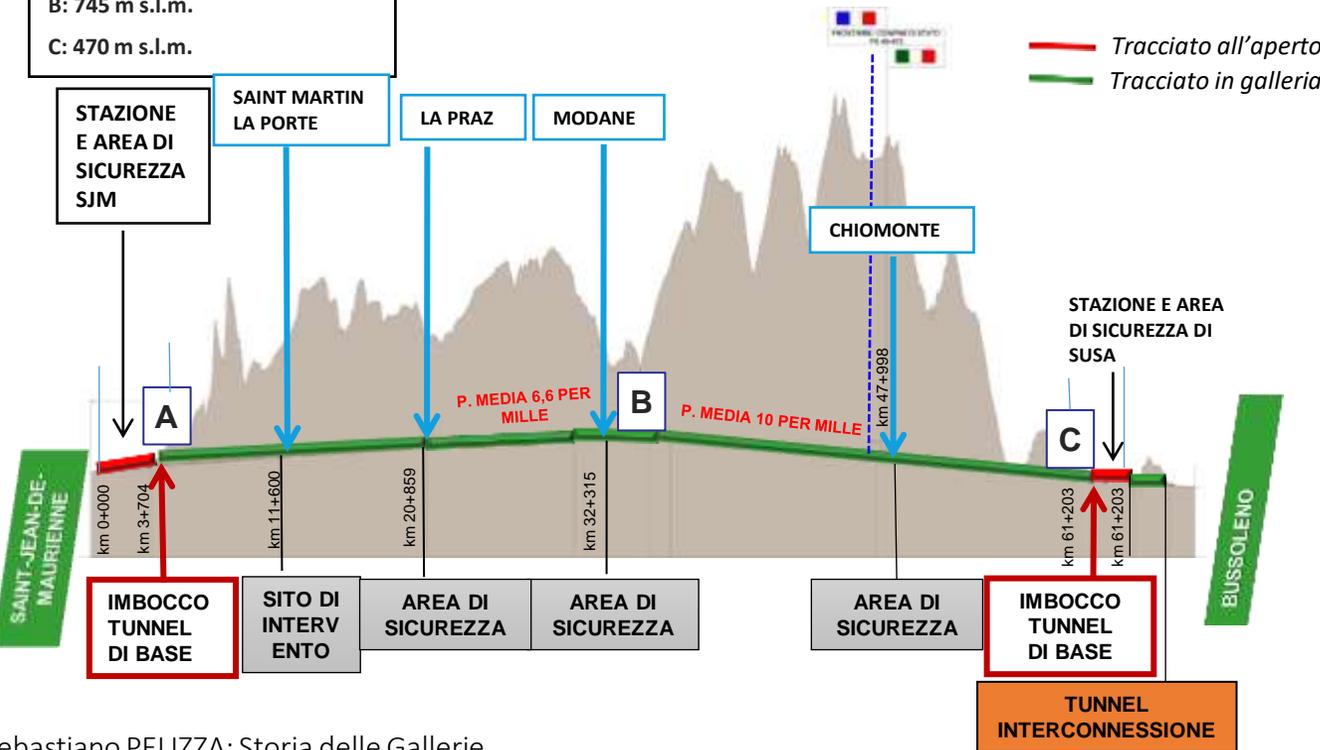
2016  
Apertura del San Gottardo



Galleria di base Ferrovia Torino-Lione

Galleria di base Ferrovia del Brennero

ABC TUNNEL DI BASE L= 57,5 km  
A: 564 m s.l.m.  
B: 745 m s.l.m.  
C: 470 m s.l.m.



**Nel 2050 gli abitanti della terra saranno 9 miliardi** ed avranno ancor più bisogno dello spazio sotterraneo, allo scopo essenziale di risparmiare superficie libera.

Poiché la tecnologia si evolve in modo esponenziale, il nostro stile di vita evolverà in maniera straordinaria: si risolveranno facilmente i problemi tecnici come malattie, povertà, fame, energia, scarsità di risorse, fare l'amore per procreare, lavorare per sopravvivere e, se teniamo duro ancora qualche anno, sarà possibile non morire mai!

**Ma che razza di vita sarà?**

1321 d.C.

CANTO 1 DELL'INFERNO

NEL MEZZO DEL CAMMIN DI NOSTRA VITA  
MI RITROVAI PER UNA SELVA OSCURA  
CHE LA DIRITTA VIA ERA SMARRITA

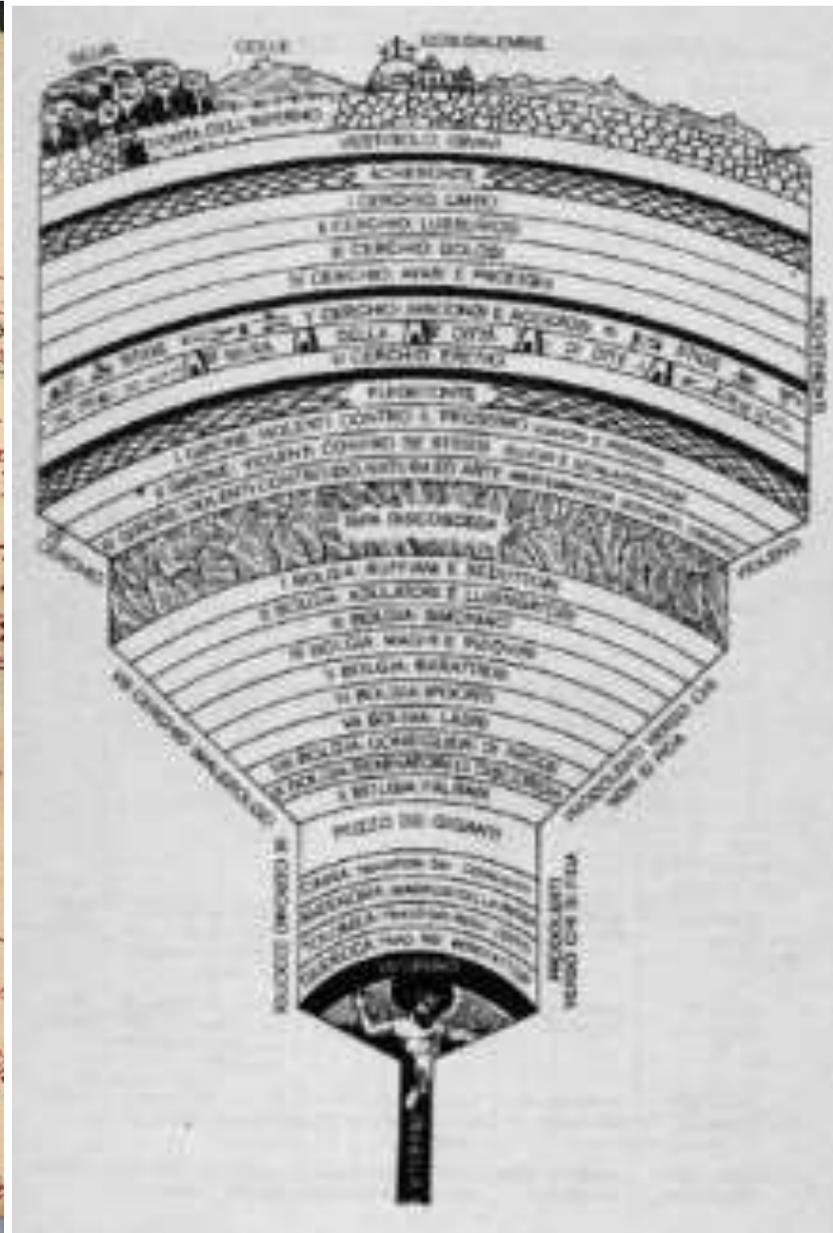
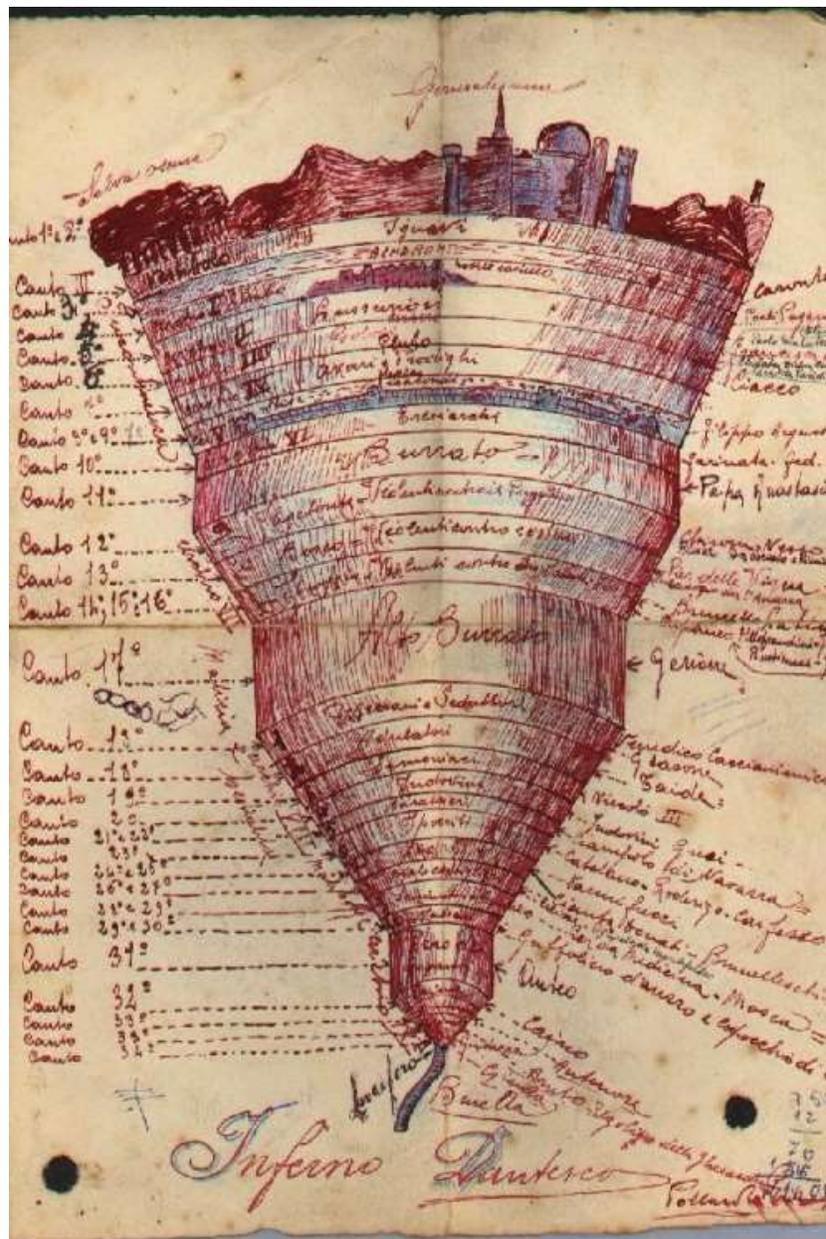
OR SÉ TU QUEL VIRGILIO E QUELLA FONTE

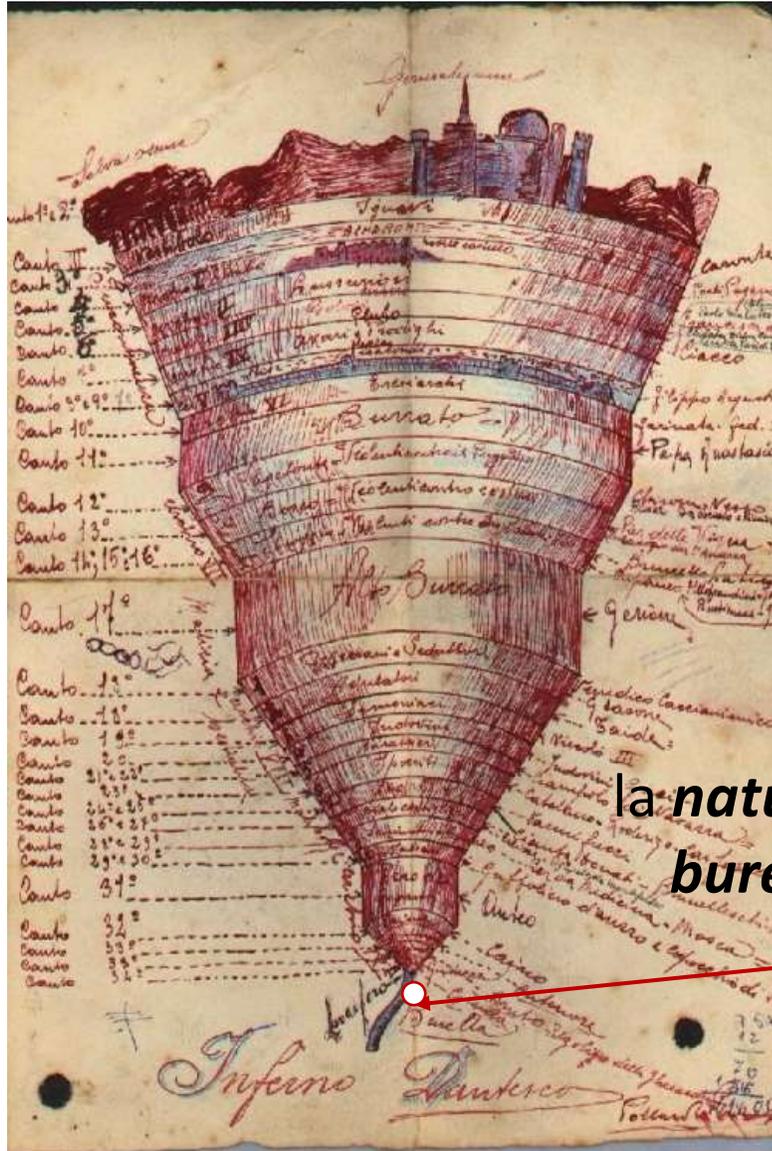
OR VA, CH'UN SOL VOLERE È D'AMBEDUE:  
TU DUCA, TU SEGNORE E TU MAESTRO  
COSÌ LI DISSI: E POI CHE MOSSO FUE,  
INTRAI PER LO CAMMINO ALTO E SILVESTRO



PER ME SI VA NELLA CITTÁ DOLENTE,  
PER ME SI VA NELL'ETERNO DOLORE  
PER ME SI VA TRA LA PERDUTA GENTE

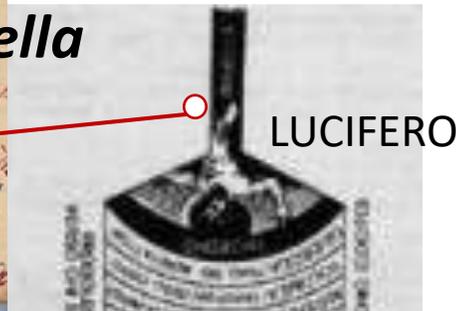
.....  
LASCiate OGNI SPERANZA, O VOI CH'ENTRATE





Dopo aver percorso l'intero Inferno  
i poeti, Virgilio e Dante,  
si avviano verso l'uscita

la **natural  
burella**



Quando noi fummo là dove la coscia  
si volge, a punto in sul grosso de l'anche,  
lo duca, con fatica e con angoscia,  
volse la testa ov'elli avea le zanche,  
e aggrappossi al pel com'om che sale,  
sì che 'n inferno i' credea tornar anche.  
«Attenti ben, ché per cotali scale»,  
disse 'l maestro, ansando com'uom lasso,  
«conviensi dipartir da tanto male».  
Poi uscì fuor per lo fóro d'un sasso  
e puose me in su l'orlo a sedere;  
appresso pose a me l'accorto passo.  
Io levai li occhi e credetti vedere  
Lucifero com'io l'avea lasciato,  
e vidili le gambe in sù tenere;

.....  
«levati su», disse 'l maestro «in piede:  
la via è lunga e 'l cammina è malvagia,  
e già il sole a mezza terza riede»  
Non era camminata di palagio  
là 'v'eravam, ma natural burella  
ch'avea mal suolo e di lume disagio.

**IL SOMMO POETA FU COSMOLOGO.....**

*NON ERA CAMMINATA DI PALAGIO*

*LA' V'ERAVAM, MA **NATURAL BURELLA***

*CH'AVEVA MAL SUOLO E DI LUME DISAGIO*

*.....*

*DI LÀ FOSTI COTANTO QUANT'IO SCESI;*

*QUAND'IO MI VOLSI, TU PASSASTI 'L PUNTO*

*AL QUAL SI TRAGGON D'OGNE PARTE I PESI.*

*.....*

*LUOGO È LA' GIÙ DA BELZEBÚ REMOTO*

*TANTO QUANTO LA TOMBA SI DISTENDE*

*CHE NON PER VISTA MA PER SUONO È NOTO*

*D'UN RUSCELLETTO CHE QUIVI DISCENDE*

*PER LA **BUCA D'UN SASSO**, CH'ELLI HA ROSO,*

*COL CORSO CH'ELLI AVVOLGE, E POCO PENDE.*

*LO DUCA ED IO PER QUEL CAMMIN ASCOSO*

*INTRAMMO A RITORNAR NEL CHIARO MONDO;*

*E SENZA CURA AVER D'ALCUN RIPOSO*

*SALIMMO SU, EL PRIMO E IO SECONDO,*

*TANTO CH'I VIDI DELLE COSE BELLE*

*CHE PORTA 'L CIEL, **PER UN PERTUGIO TONDO;***

*E QUINDI USCIMMO A RIVEDER LE STELLE*



# L'APOTEOSI DELLE GALLERIE

**GRAZIE CARI AMICI PER LA VOSTRA ATTENZIONE**

# **BUONA SANTA BARBARA!**