

# BOLZANO EXPLO BOZEN

07.09.2018

FORTE DI EXILLES (TO).  
UN ASCENSORE DA 4.500 m<sup>3</sup> DI ROCCIA.

Paolo Napoli\*, Walter Ceretto\*\*, Piero Zotti\*\*\*

CONVEGNO:  
NOI TECHPARK VIA ALESSANDRO VOLTA 13, BOLZANO  
LA PARTECIPAZIONE È LIBERA E GRATUITA



TAGUNGSORT:  
NOI TECHPARK VOLTA-STRASSE 13; BOZEN  
DIE TEILNAHME IST FREI UND KOSTENLOS

IN KOOPERATION MIT - ORGANIZZATORE:

**idm** SÜDTIROL  
ALTO ADIGE

AUTONOMIE  
PROVINZ  
BOZEN  
SÜDTIROL



PROVINCIA  
AUTONOMIA  
DI BOLZANO  
ALTO ADIGE

**GeoLogico**  
SOLUZIONI CON ESPLOSIVI

INSERIRE PARTNER - CON IL CONTRIBUTO DI:



**MAXAM**  
Beyond Performance

**Technocom**  
Attrezzature Tecniche Industriali

**Epiroc TONDIN**

- \* *Politecnico di Torino*
- \*\* *Sintecna s.r.l.*
- \*\*\* *Zumaglini e Gallina S.p.A.*



Il Forte di Exilles, documentato dal 1155, fu rinforzato ed ampliato nel 1700. Distrutto per volontà dei francesi dopo il Trattato di Parigi (15/05/1796), fu ricostruito tra il 1818 e il 1829. Dismesso dal 1943, è di proprietà della Regione Piemonte dal 1978.

Il Forte visto da Est





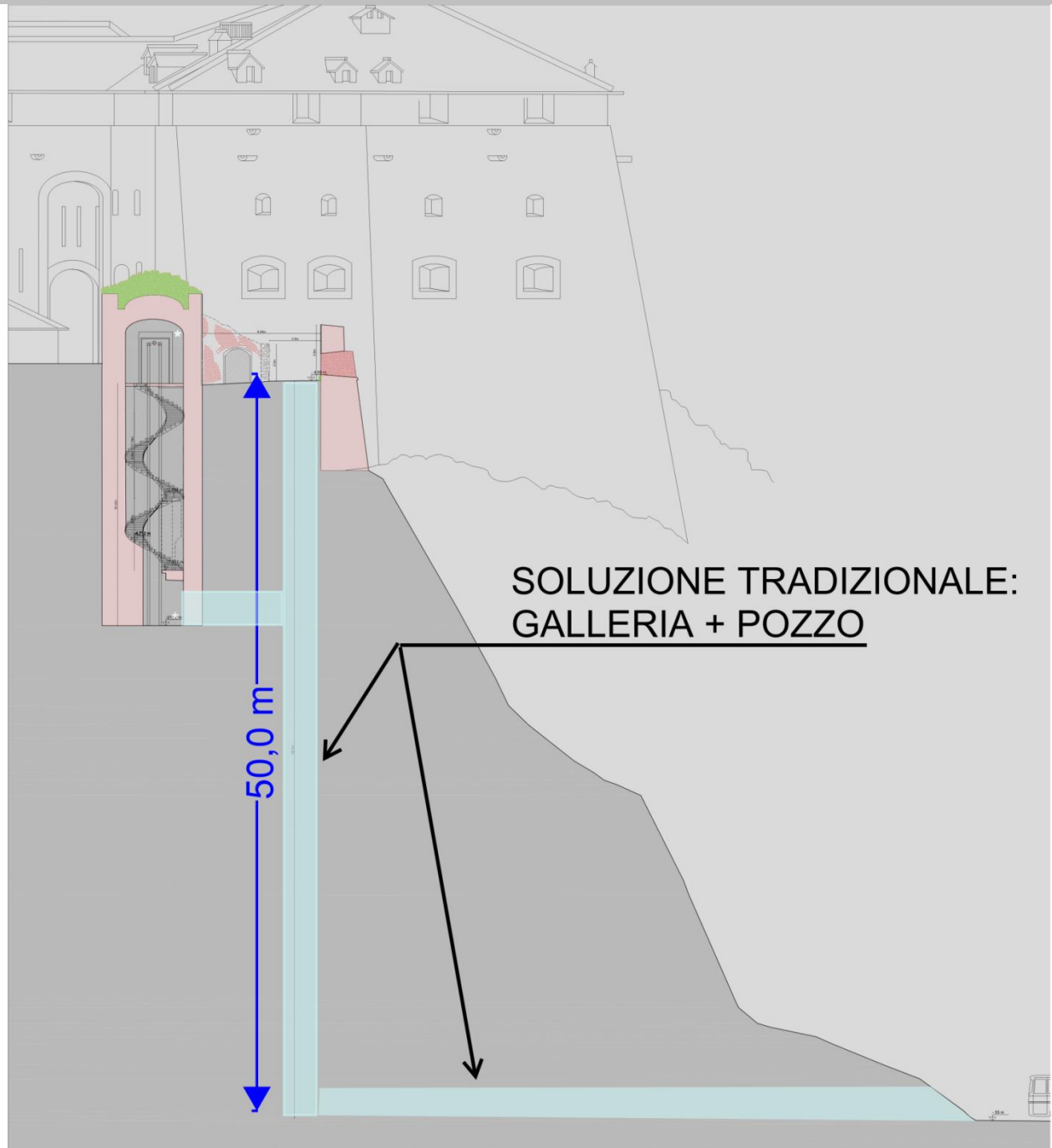


Il lato Ovest del Forte (verso la Francia), con la lunga spianata battuta dal tiro dei cannoni.  
In primo piano l'abitato di Exilles



Nel 2004 la Regione Piemonte bandì una gara di progettazione per il restauro del "Cavaliere" che includeva la costruzione di un ascensore di accesso al Forte dal piazzale sottostante

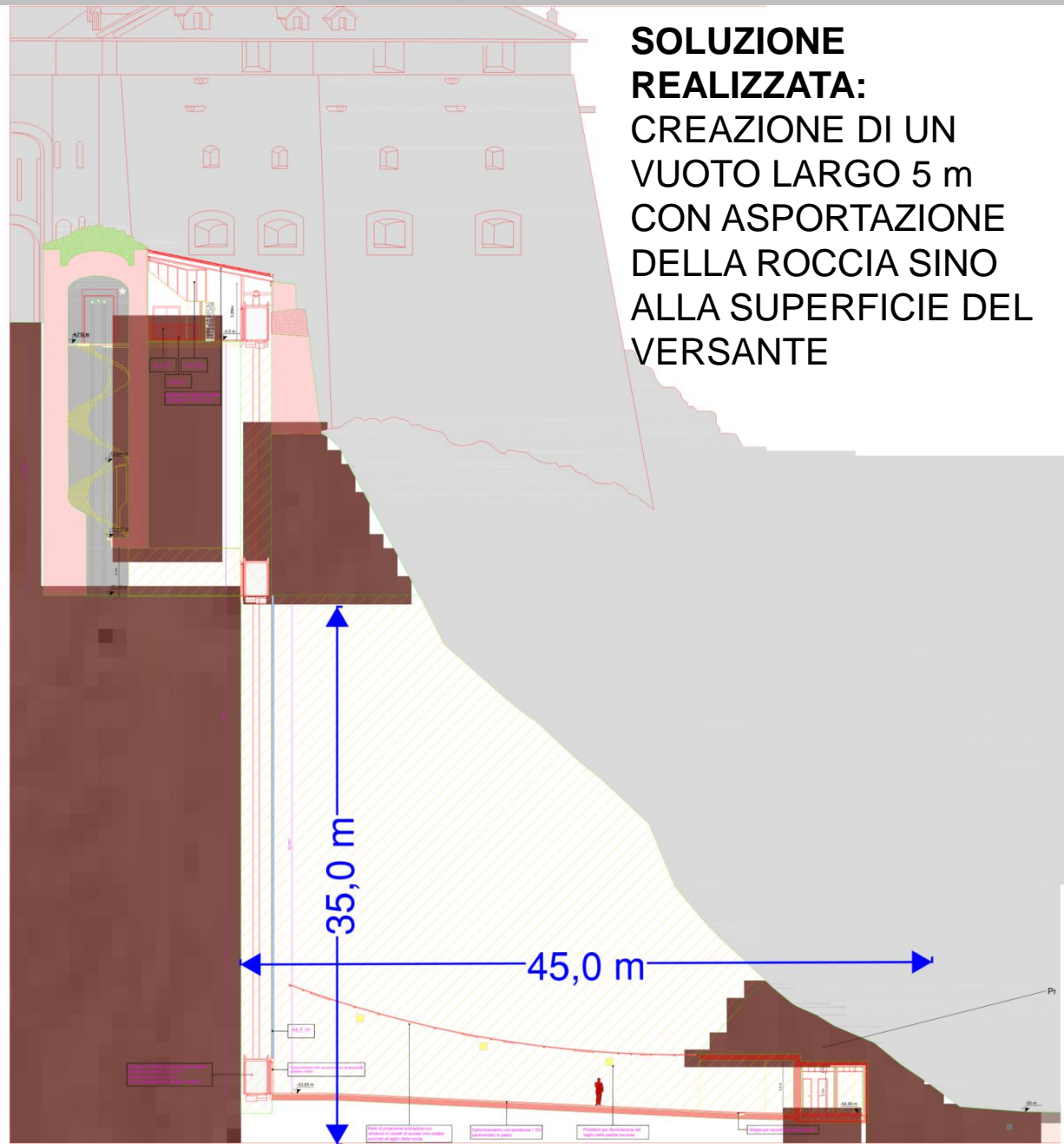
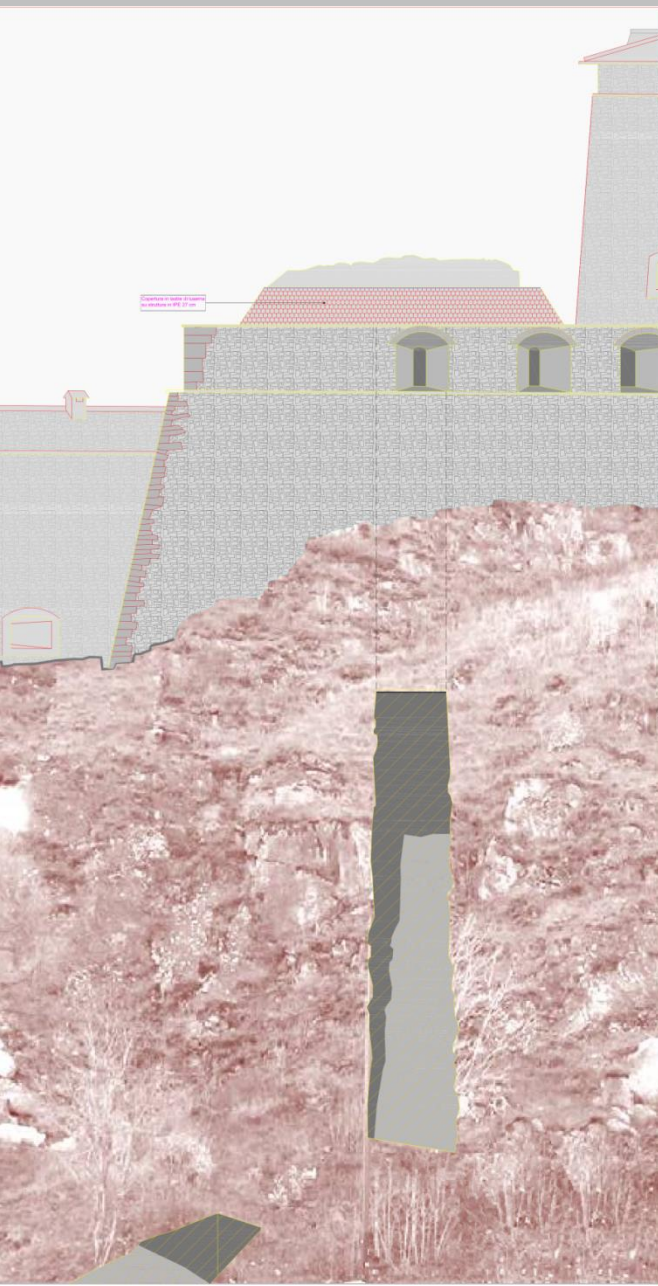




**SOLUZIONE TRADIZIONALE:  
GALLERIA + POZZO**

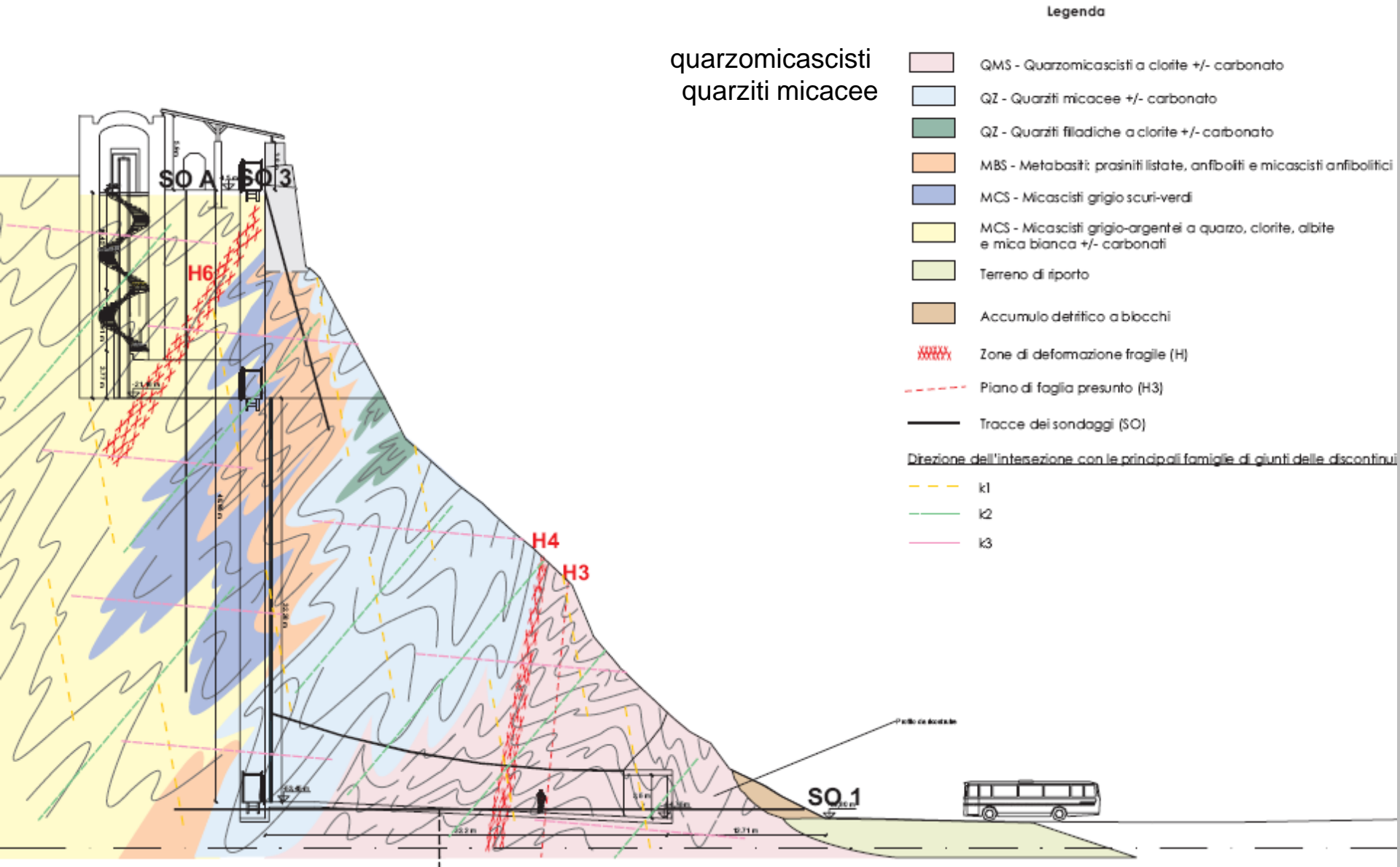
50,0 m





**SOLUZIONE  
REALIZZATA:**  
CREAZIONE DI UN  
VUOTO LARGO 5 m  
CON ASPORTAZIONE  
DELLA ROCCIA SINO  
ALLA SUPERFICIE DEL  
VERSANTE

# sezione geologica





# studio delle fessure della roccia

Sistemi di giunti di discontinuità (immersione ed inclinazione)

- |    |  |                              |
|----|--|------------------------------|
|    |  | Orientazione non determinata |
| k1 |  | 0/80° coniugato: 180/80      |
| k2 |  | 140/60° coniugato: 320/60°   |
| k3 |  | 60/40° coniugato: 240/40°    |
| k4 |  | 100/80° coniugato: 280/80°   |

Foglie

- |    |                  |
|----|------------------|
| H1 | circa 320/80     |
| H2 | circa 140/85     |
| H3 | E-W subverticale |
| H4 | circa 150/80     |
| H5 | circa 340/75     |
| H6 | circa 145/65     |

- |  |                     |
|--|---------------------|
|  | Contatti litologici |
|  | Livello a quarzo    |



S N



N S



N S



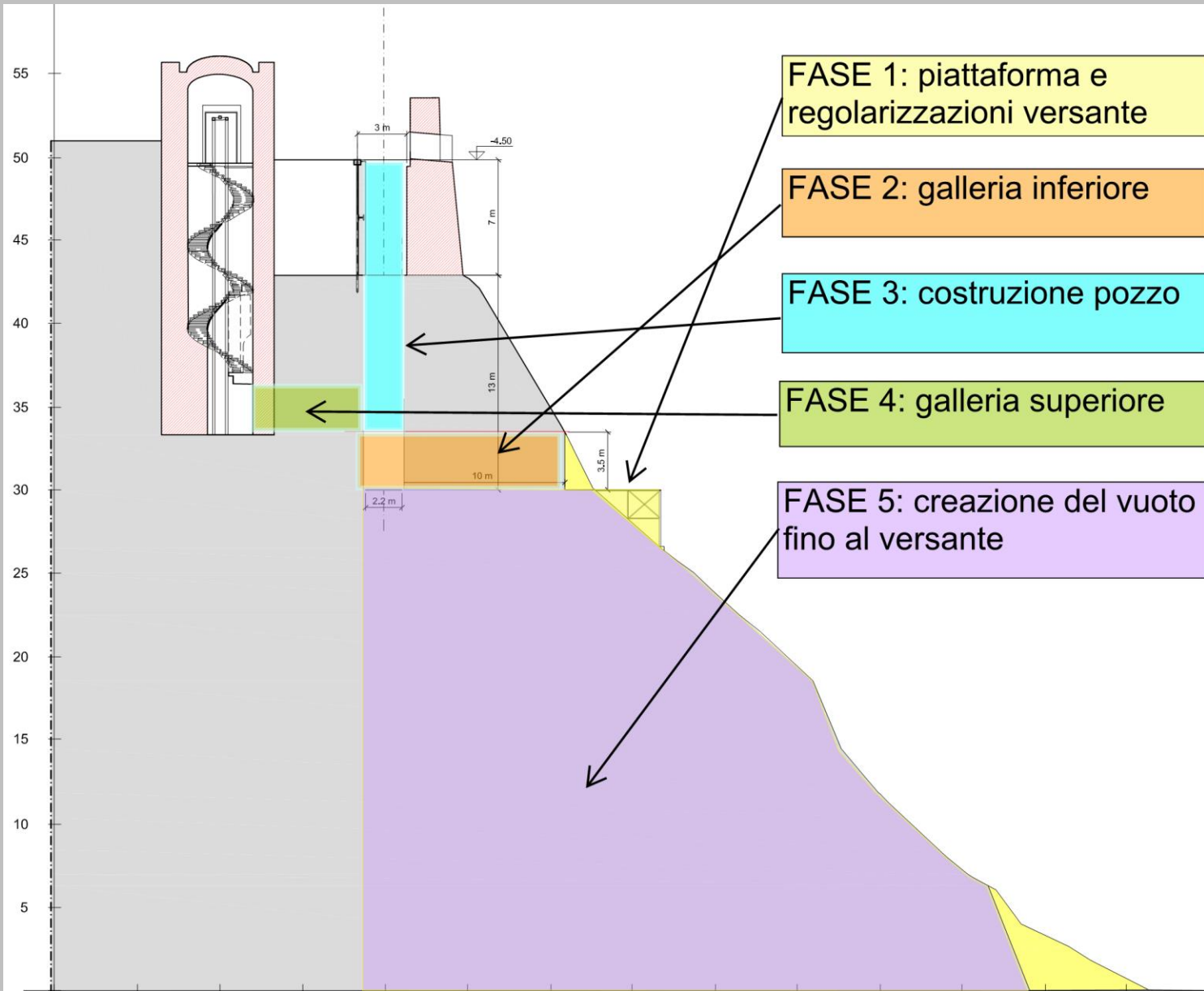
S



S

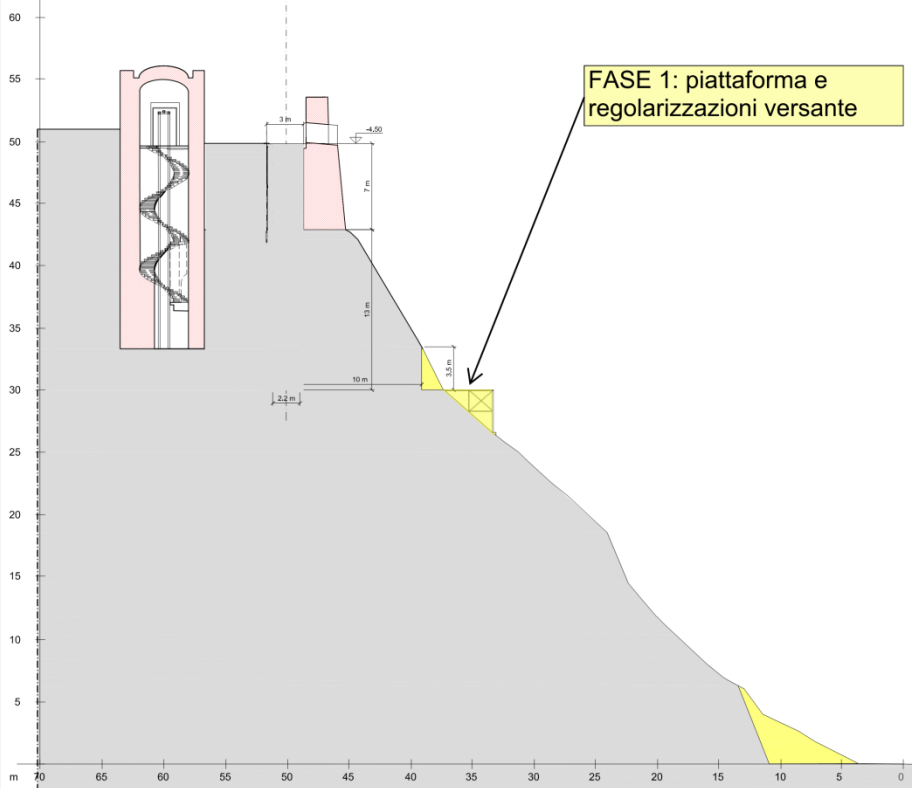


# le fasi di costruzione





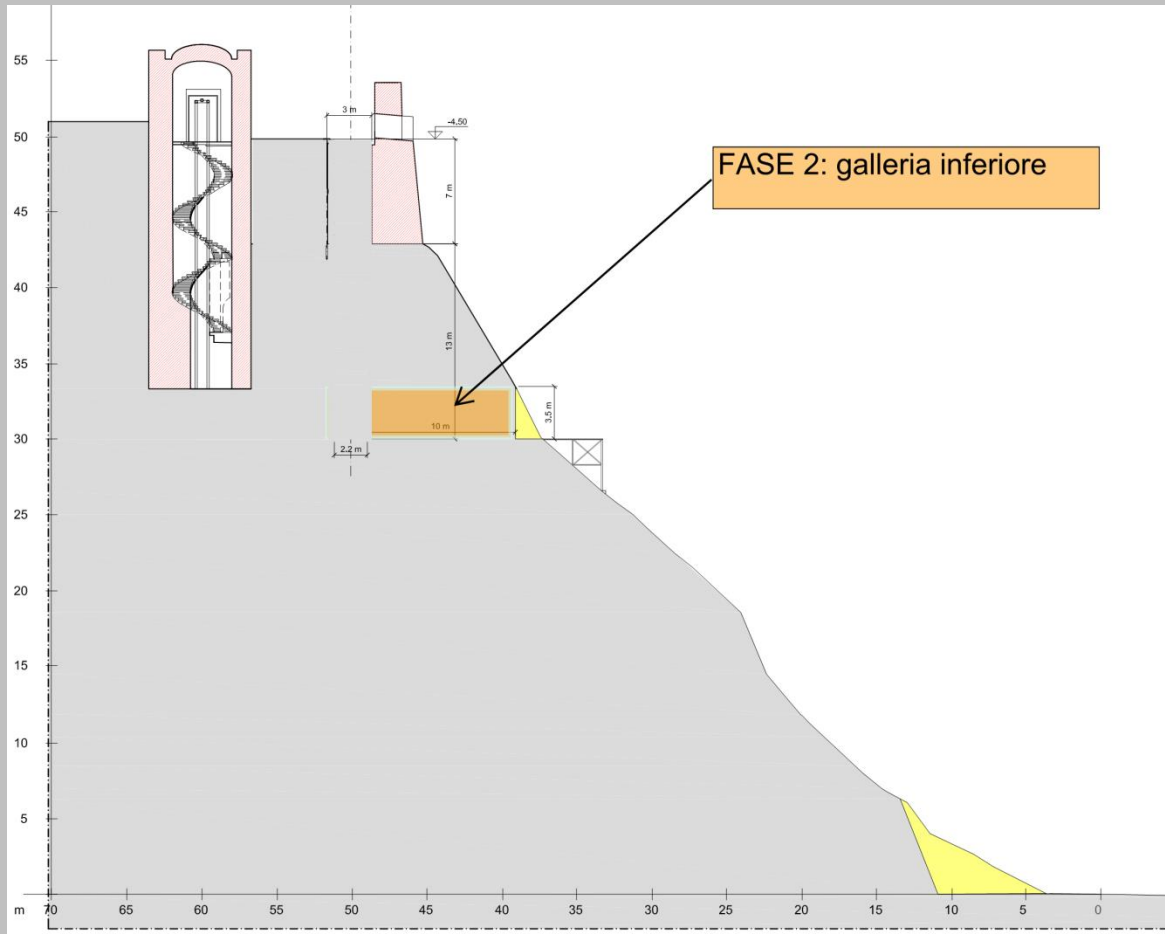
# FASE 1: COSTRUZIONE DELLA PIATTAFORMA IN QUOTA





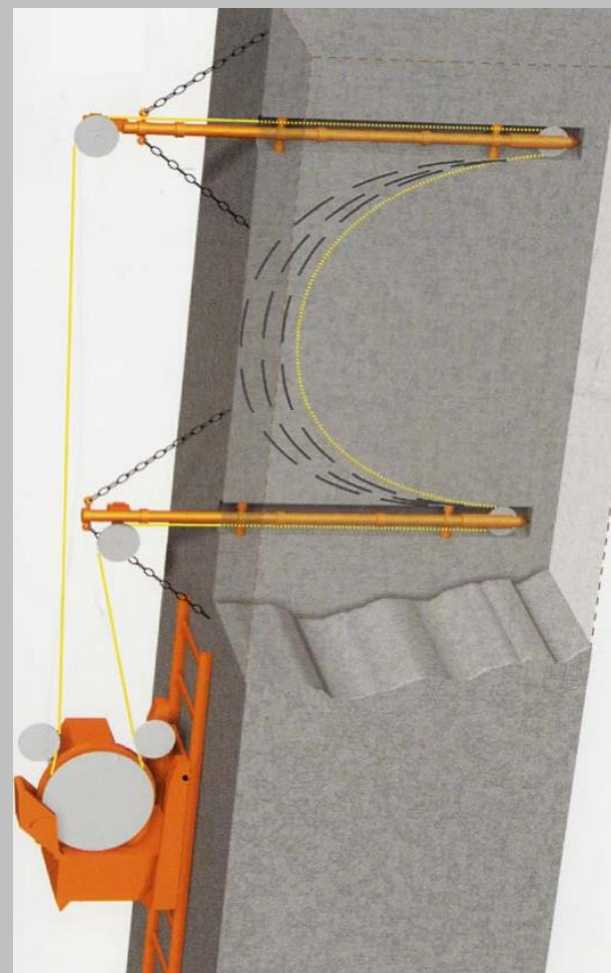
## FASE 2 – Galleria inferiore

- 4 carotaggi diam. 200 mm agli angoli
- 3 tagli a filo diamantato con rinvio per l'intera profondità (13 m)
- smassamento con NONEX e costruzione soletta superiore a conci di 2 m.





Carotaggi: diam 200 mm per l'inserimento della puleggia di rinvio del filo.





chiodature di sicurezza e taglio con filo diamantato



# SMASSAMENTO E VIBRAZIONI

Trattandosi di operare in vicinanza di un edificio con vincolo di tutela, in Capitolato erano stati inseriti limiti rigorosi alla azione di smassamento:

- Lo smassamento poteva essere effettuato solo su porzioni di roccia già separate mediante i tagli, connesse all'ammasso su non più di una superficie, oltre alla base;
- le vibrazioni sull'edificio monumentale erano misurate dal Politecnico di Torino con una serie di accelerometri, ed era posto un limite alle vibrazioni ammissibili, sia in termini di accelerazione che di velocità;
- Il limite è stato fissato intersecando nel modo più cautelativo le indicazioni della norma UNI 9916 in termini di velocità con dati di letteratura che indicano l'accelerazione di 0,2 g come limite per garantire l'assenza di danni.

L'utilizzo del NONEX in luogo dell'esplosivo tradizionale ha consentito di rispettare i limiti prefissati.



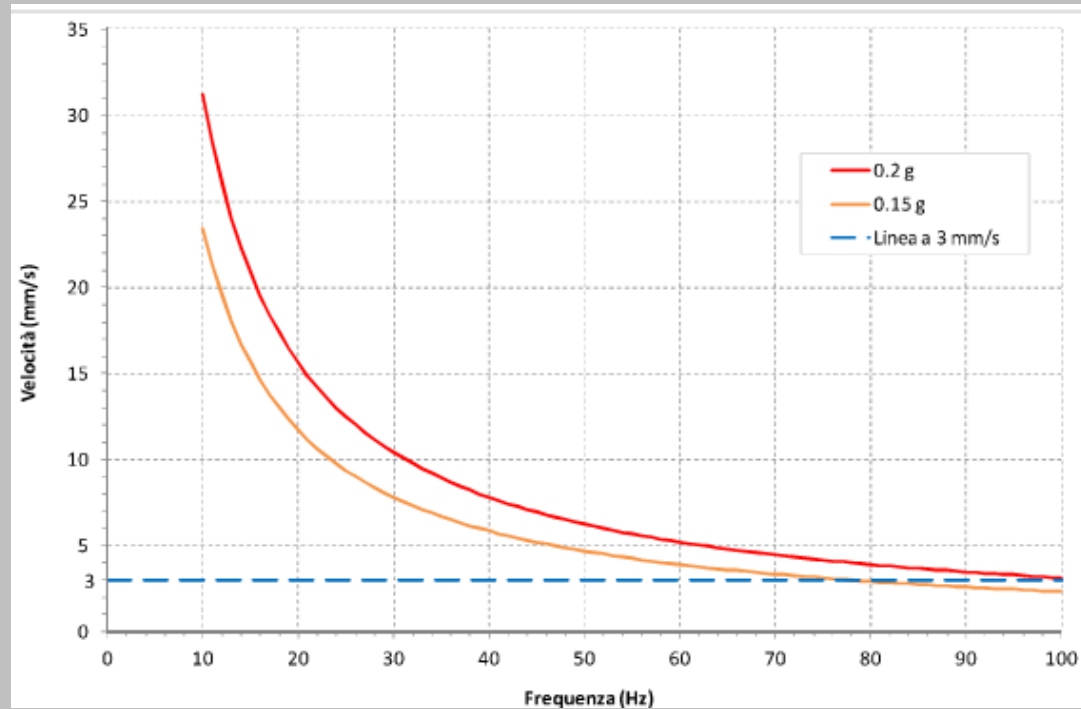
# UNI 9916

Valori di riferimento per la velocità di vibrazione (p.c.p.v.) al fine di valutare l'azione delle vibrazioni di breve durata sulle costruzioni

Classe	Tipo di edificio	Valori di riferimento per la velocità di vibrazione p.c.p.v in mm/s			
		Fondazioni			Piano alto
		Da 1 Hz fino a 10 Hz	Da 10 Hz fino a 50 Hz	Da 50 Hz fino a 100 Hz <sup>*)</sup>	Per tutte le frequenze
1	Costruzioni industriali, edifici industriali e costruzioni strutturalmente simili	20	Varia linearmente da 20 ( $f=10$ Hz) fino a 40 ( $f=50$ Hz)	Varia linearmente da 40 ( $f=50$ Hz) fino a 50 ( $f=100$ Hz)	40
2	Edifici residenziali e costruzioni simili	5	Varia linearmente da 5 ( $f=10$ Hz) fino a 15 ( $f=50$ Hz)	Varia linearmente da 15 ( $f=50$ Hz) fino a 20 ( $f=100$ Hz)	15
3	Costruzioni che non ricadono nelle classi 1 e 2 e che sono degne di essere tutelate (per esempio monumenti storici)	3	Varia linearmente da 3 ( $f=10$ Hz) fino a 8 ( $f=50$ Hz)	Varia linearmente da 8 ( $f=50$ Hz) fino a 10 ( $f=100$ Hz)	8

\*) Per frequenze oltre 100 Hz possono essere usati i valori di riferimento per 100 Hz.

Limite accelerazione 0,2 g  
(D. Thickett, 2002)



# NONEX: preparazione dei fori





NONEX: inserimento delle cariche nei fori (successivamente spinte alla profondità opportuna)





## NONEX: rimozione dei blocchi risultanti dall'azione delle cariche

Per lo scavo di questa galleria sono state usate cartucce Nonex da 180 poste nei fori alla profondità di 1 m.

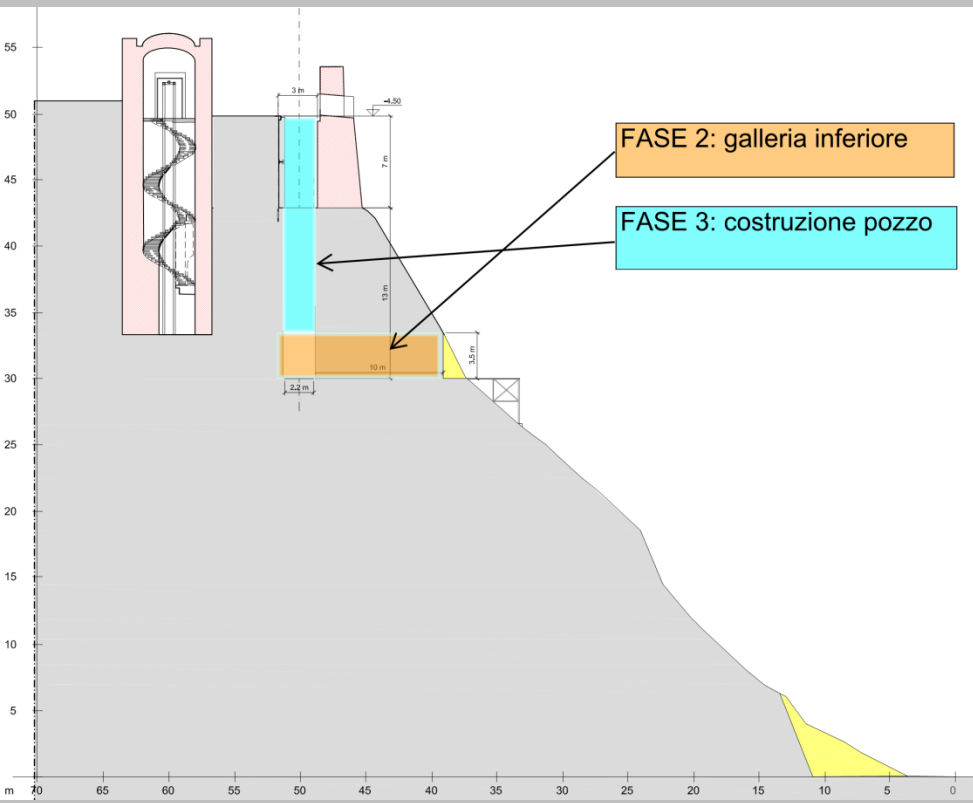




# FASE 3: COSTRUZIONE DEL POZZO

I primi 4 m del pozzo, in terreno sciolto, sono stati scavati e rivestiti in modo tradizionale.

Per la parte in roccia sono stati eseguiti 16 carotaggi verticali diam. 90 mm e la roccia tagliata in 9 porzioni successive con filo diretto.



Vista del pozzo dal basso.  
E' in posizione il filo  
diamantato per il taglio  
dell'ultima porzione di 1/9

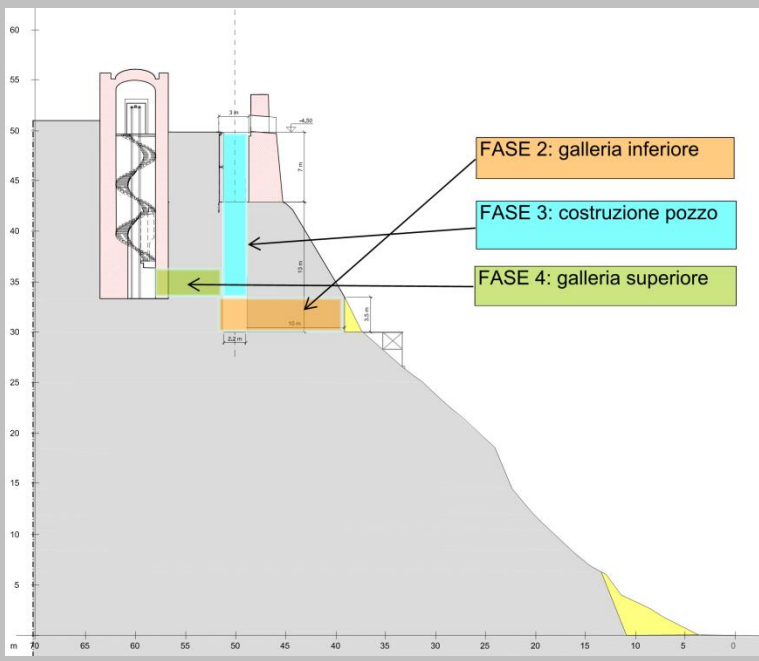




# FASE 4: COSTRUZIONE DELLA GALLERIA SUPERIORE

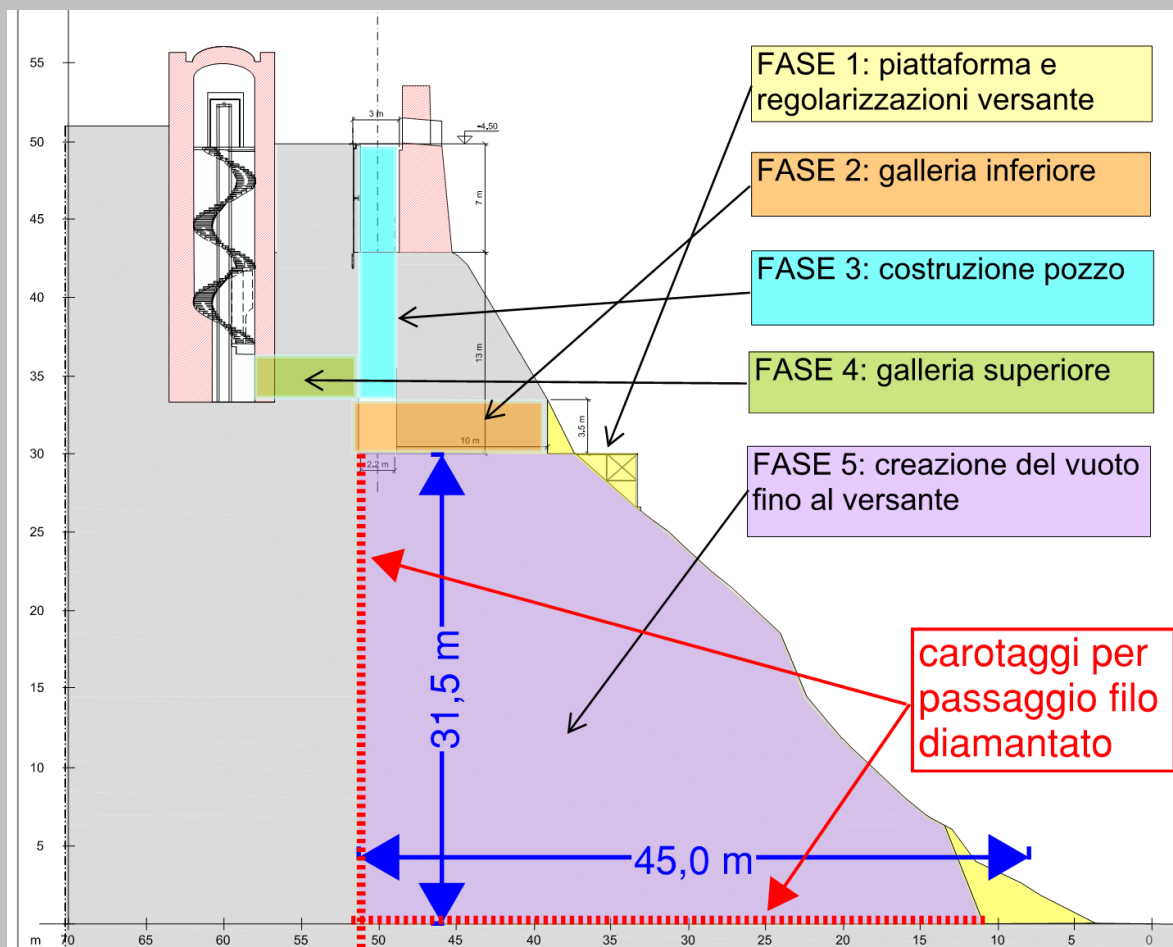
Questa galleria dà collegamento alla parte bassa del Forte.  
E' stata scavata con 4 tagli a filo di tipo diretto, con 4 carotaggi diam. 90 mm eseguiti dal vano della scala elicoidale esistente.

Il blocco di roccia risultante è stato spinto verso il pozzo con martinetti, dove si fratturava spontaneamente cadendo a blocchi nella galleria inferiore. Qui veniva frantumato e smarinato sul versante.



# FASE 5: CREAZIONE DEL VUOTO FINO AL VERSANTE

Si trattava di scavare la roccia per una profondità di 45 m ed una altezza di 31,5 m, fino alla quota della galleria inferiore.



Sono stati eseguiti 2 fori verticali diam. 90 mm a partire dalla galleria inferiore, che dovevano incontrarsi con 2 fori orizzontali diam. 200 mm lunghi 45 m eseguiti dal piazzale, per infilare il filo. L'incontro dei fori è risultato difficoltoso: dopo vari tentativi, il problema è stato risolto utilizzando una sonda in grado di localizzare la posizione del foro vicino.



# Inizio del taglio a filo lato sinistro



SMASSAMENTO per strati di 2 m.

NONEX: cartucce da 100, una per foro alla profondità di m 0,80



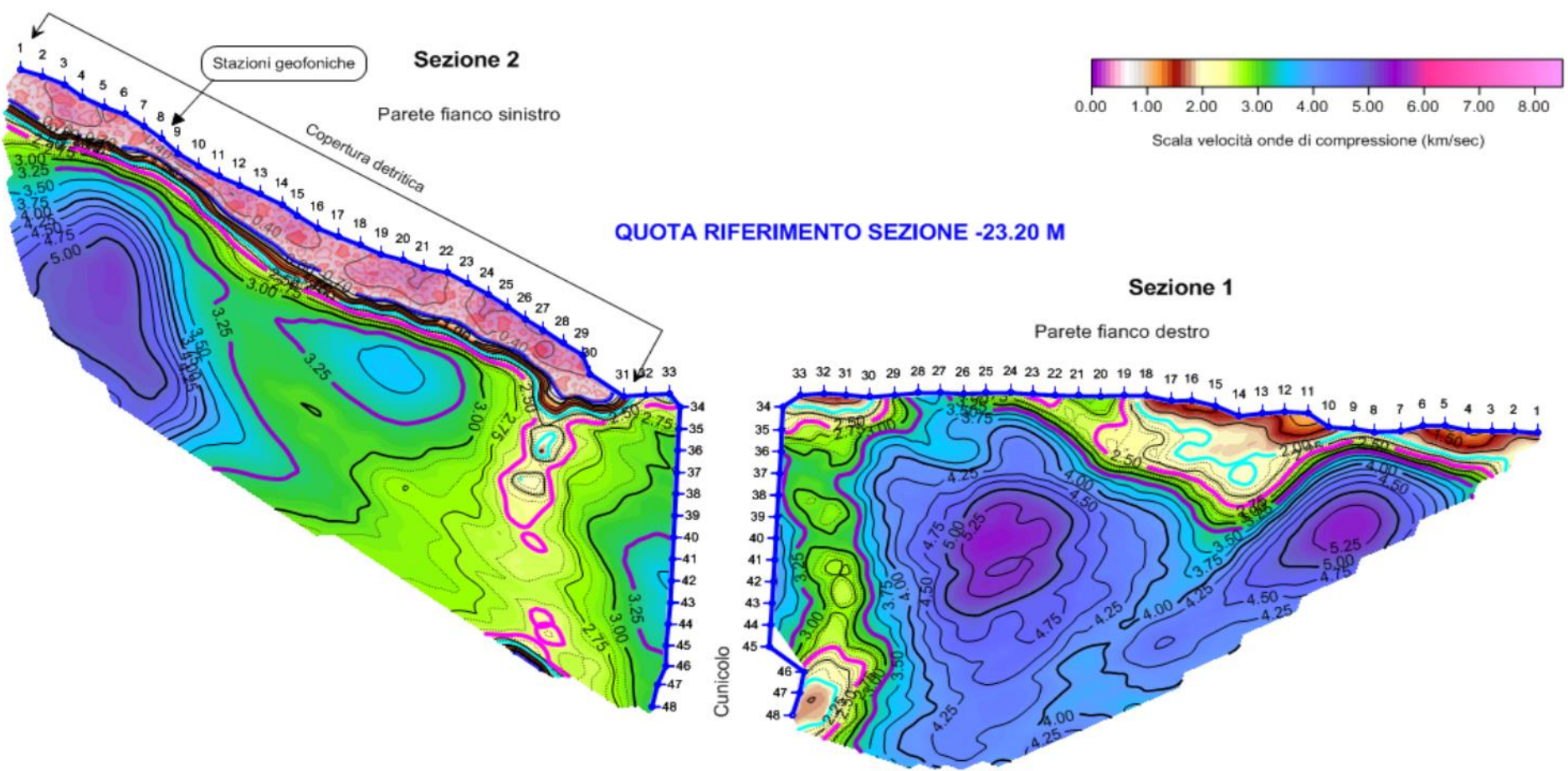


La stabilità globale delle pareti è stata assicurata da tiranti di 15 m su una maglia di 3 x 3 m.

Chiodature di 4 m erano aggiunte in relazione alla fessurazione locale.



Tomografie soniche dell'ammasso roccioso ogni 6 m di approfondimento.  
Inserimento di barre Dywidag lunghe 15 m e di chiodature di 4 m.  
Iniezioni nelle fessure della roccia.  
Le pareti rocciose risultanti dal taglio non sono state rivestite.





# Avanzamento dello smassamento e della chiodatura









Dallo smarino sono state ricavate tutte le pavimentazioni in pietra usate nel restauro del Forte.

La parte rimanente è stata venduta come materiale per scogliere o sottofondo stradale.

Impresa appaltatrice:

Zumaglini e Gallina Sp.A – Torino

Subappaltatori:

FRANCO Aldo e Figli s.n.c. – Susa (smassamento)

Tecnic tecnologie s.r.l. – Monticello d'Alba (taglio a filo)









# La galleria artificiale di accesso con la biglietteria



11.06.2011 11:28



# Settembre 2011 – Termine dei lavori





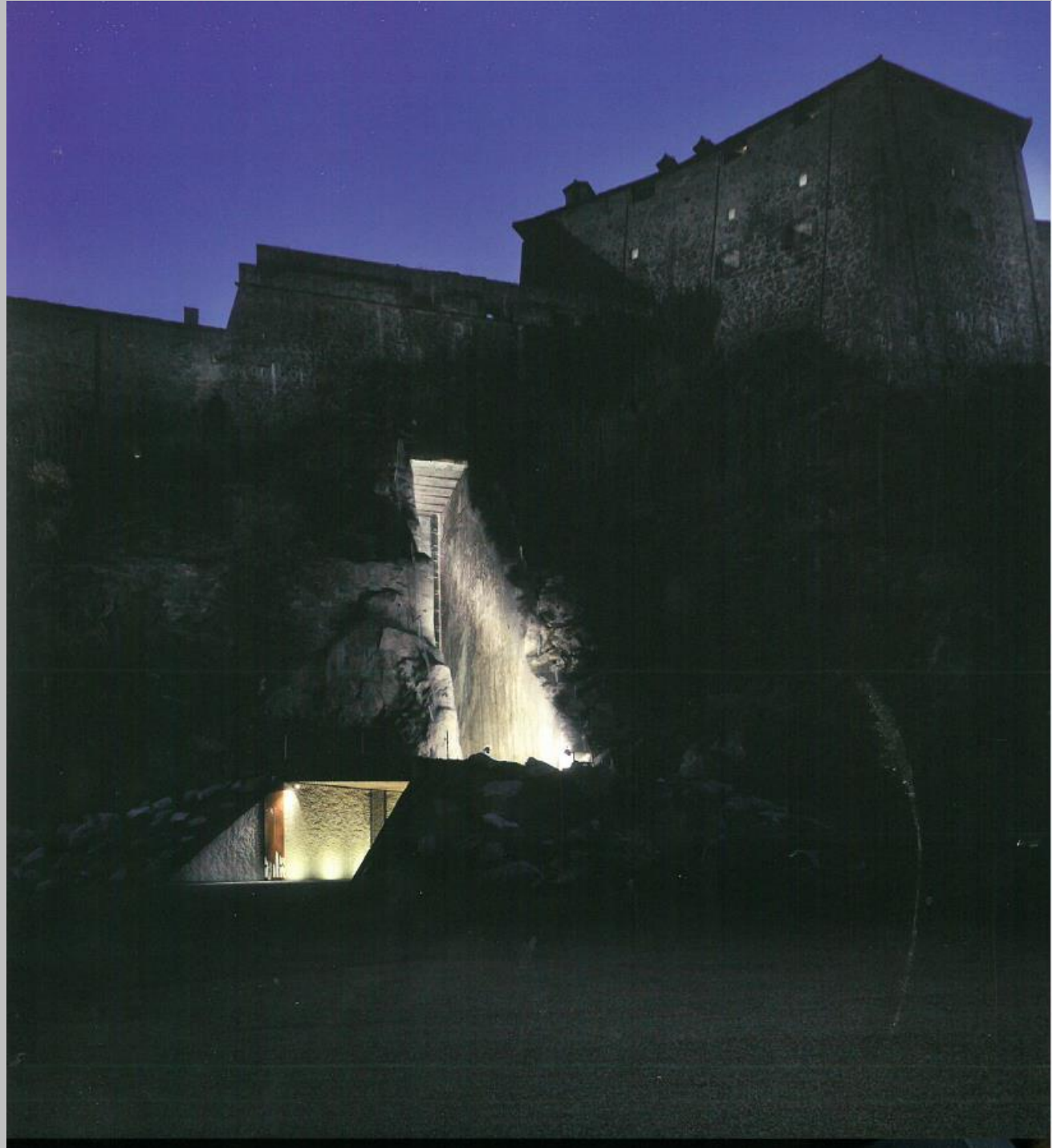


La facciata di vetro degli ascensori riflette la montagna dall'altro lato della valle





Vista  
notturna  
con il taglio  
del  
versante e  
la galleria  
artificiale di  
accesso  
illuminate



# Il cortile del Cavaliere restaurato (arch. Bartolozzi, Dionigio, Orsini, Pession)





# Il cortile del Cavaliere guardando la porta di ingresso







GRAZIE PER L'ATTENZIONE



