

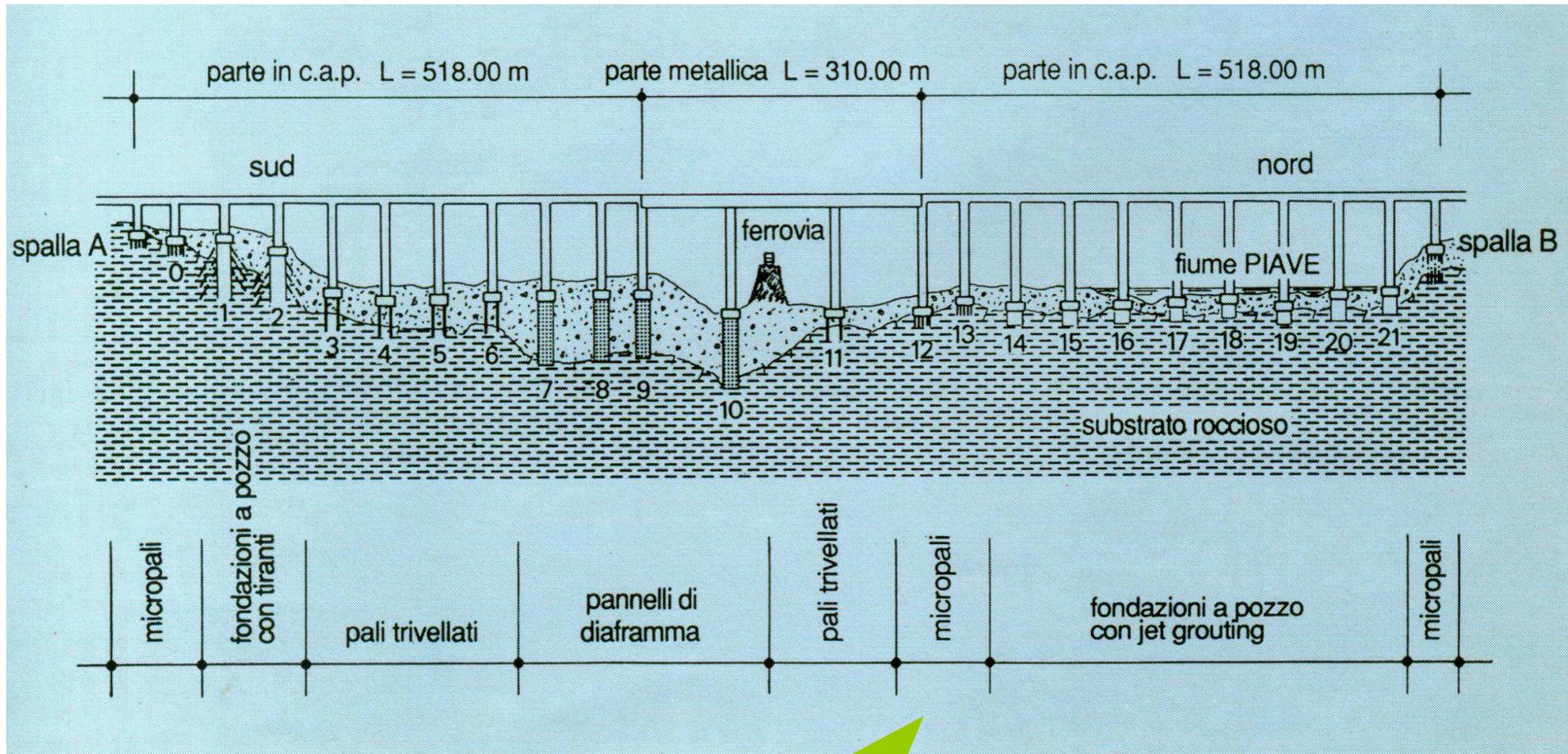
## IDROFRESA (ROMIL)

Tabella 1 - Caratteristiche tecniche delle frese utilizzate al Nodo di Torino  
 Technical characteristics of the hydromills used on the Turin railway junction

Descrizione Description	Fresa Hydrom. 1	Fresa Hydrom. 2	Fresa Hydrom. 3	Fresa Hydrom. 4	Fresa Hydrom. 5
Peso (t) Weight (t)	130	120	120	100	80
Coppia max. fresa (kgm) Boring head maximum torque (kgm)	12000	6000	4000	4000	4000
Potenza max. alla fresa (CV) Boring head maximum power (Hp)	890	565	475	475	475
Potenza max. alla pompa (CV) Pump maximum power (Hp)	240	240	240	240	240
Potenza max. escavatore (CV) Excavator maximum power (Hp)	300	300	300	300	300
Altezza max. da terra (m) Maximum height from ground (m)	30	24	26	7	5
Altezza max. chassis (m) Chassis maximum height (m)	26	20	22	5	4
Lunghezza di scavo (m) Excavating length (m)	2.40	3.14	2.40	2.40	2.40
Larghezza di scavo (m) Excavating width (m)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Portata torbida bentonitica (m <sup>3</sup> /h) Bentonitic mucker flow rate (m <sup>3</sup> /h)	450	450	450	450	450

## IDROFRESA (ROMIL)

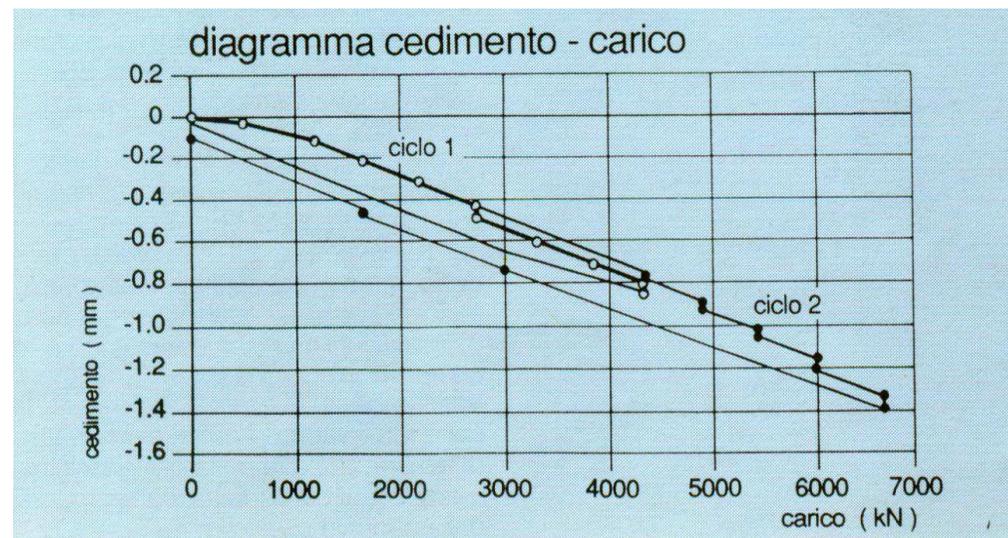
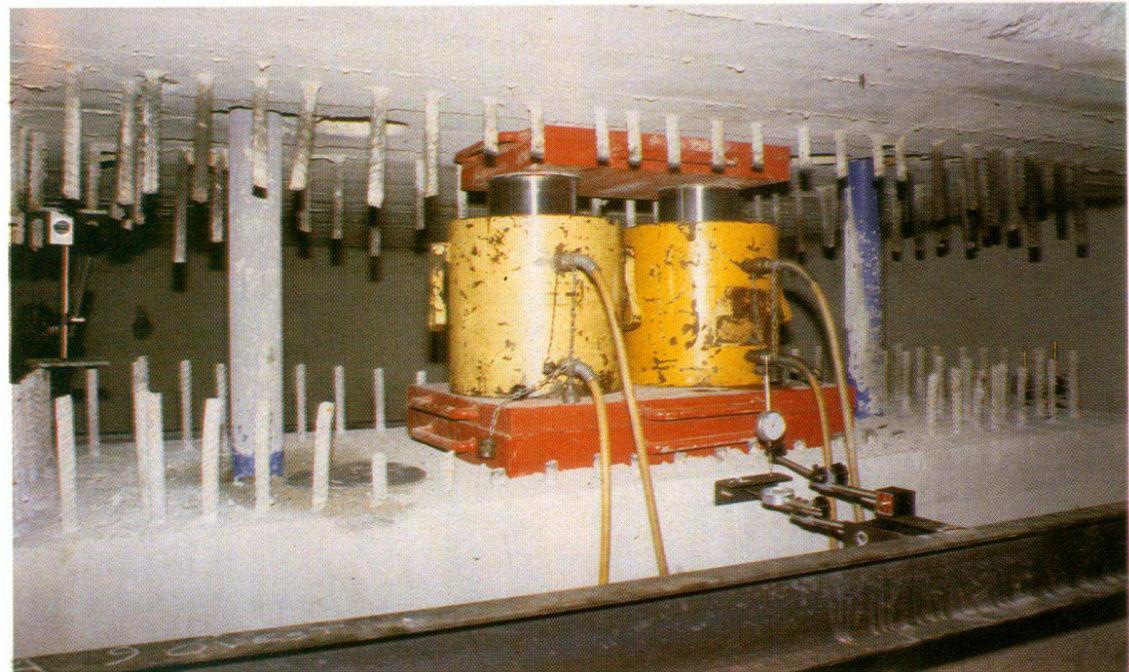
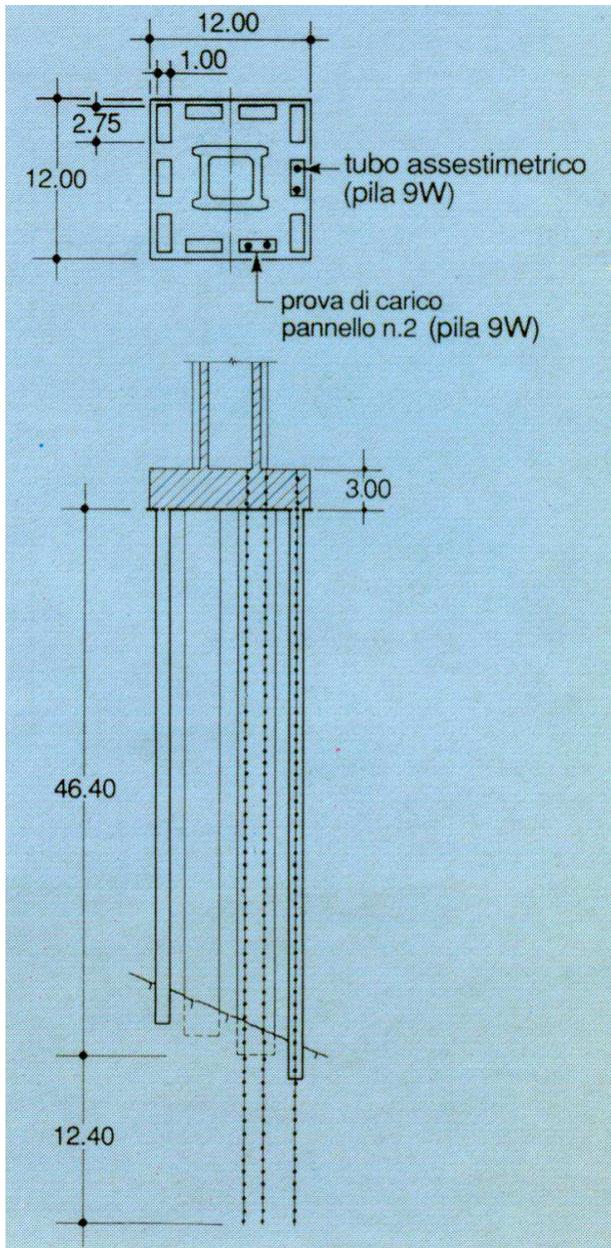




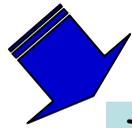
Esempio di versatilità delle  
"fondazioni speciali"

IDROFRESA :  
UN'APPLICAZIONE

Autostrada A27 - Viadotto Ponte nelle Alpi  
Diaframmi idrofresati di fondazione  
Impresa RODIO - 1991



IDROFRESA



TIRANTI - CHIODATURE

Incremento forze verticali

Opere di sostegno

Stabilizzazione pendii e fronti di scavo

Stabilizzazione del cavo (gallerie, caverne)

TRATTAMENTI  
D'INIEZIONE

Consolidamento

Impermeabilizzazione

JET-GROUTING E  
MISCELAZIONE PROFONDA

Consolidamento

Impermeabilizzazione

CONGELAMENTO

Consolidamento

Impermeabilizzazione

DRENAGGI

Stabilizzazione pendii e fronti di scavo

Drenaggio preventivo nello scavo di gallerie

Accelerazione dei tempi di consolidazione

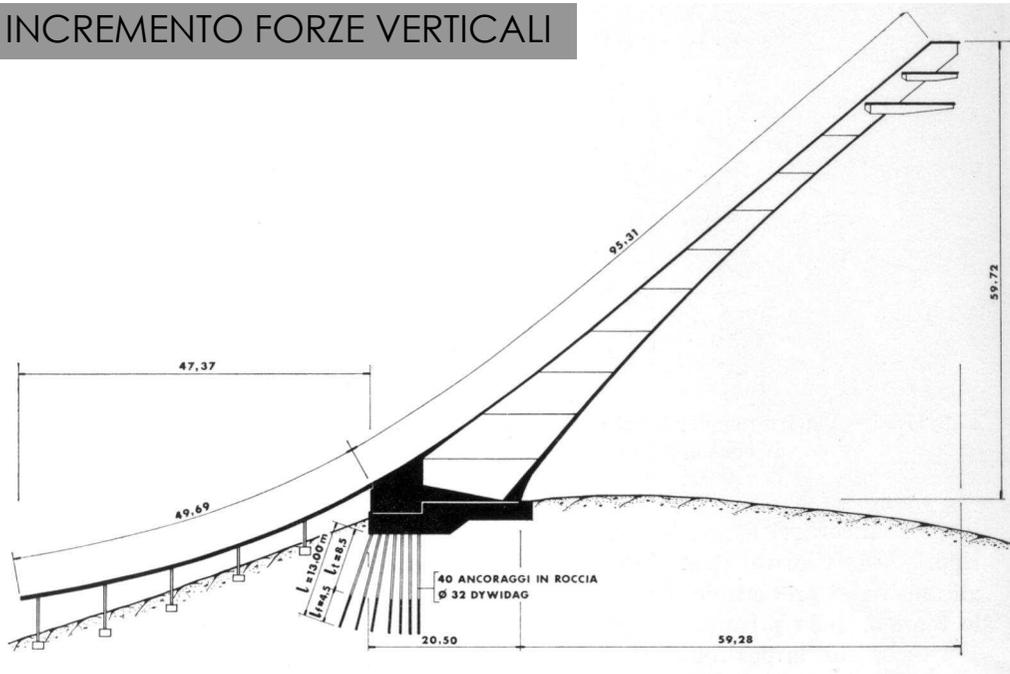
CAMPO DI IMPIEGO



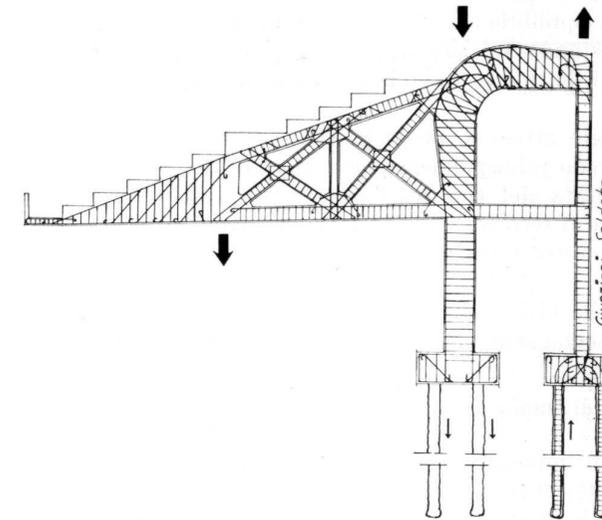
T  
I  
R  
A  
N  
T  
I



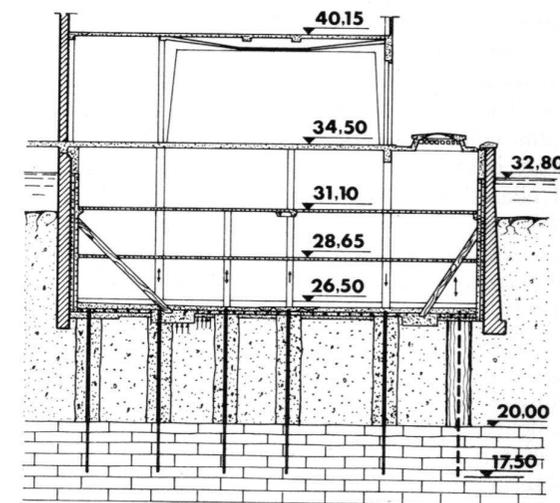
INCREMENTO FORZE VERTICALI



Trampolino di sci olimpico



Ancoraggio con pali tesi della balconata del Cinema delle Vittorie in Roma (Cestelli Guidi 1938).



Edificio della CNRS in Parigi, immerso in falda in prossimità della Senna, fondato su pali tiranti (Brice 1957).

tiranti

Incremento forze verticali

Opere di sostegno

Stabilizzazione pendii e fronti di scavo

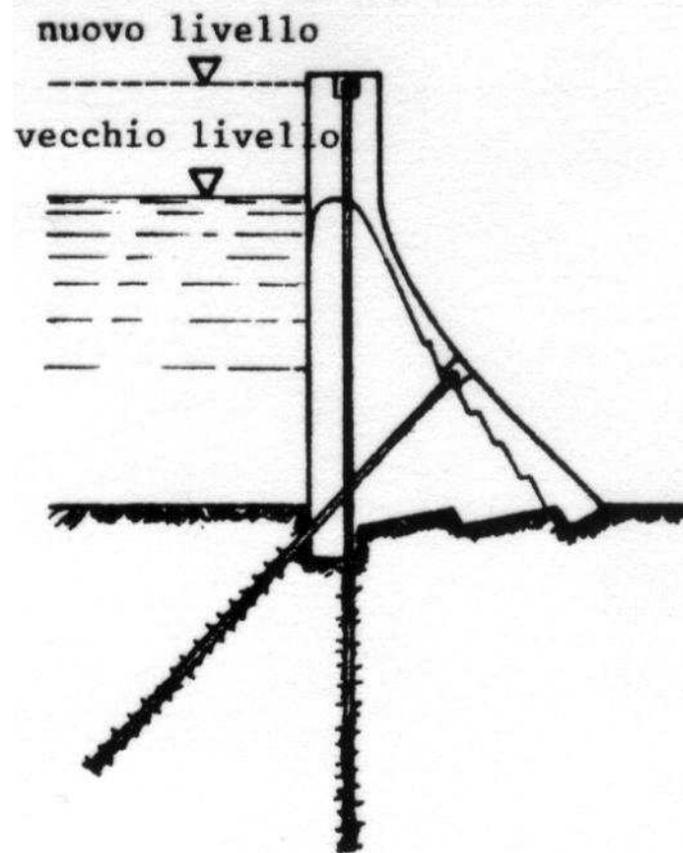
Stabilizzazione del cavo (gallerie, caverne)

Altro

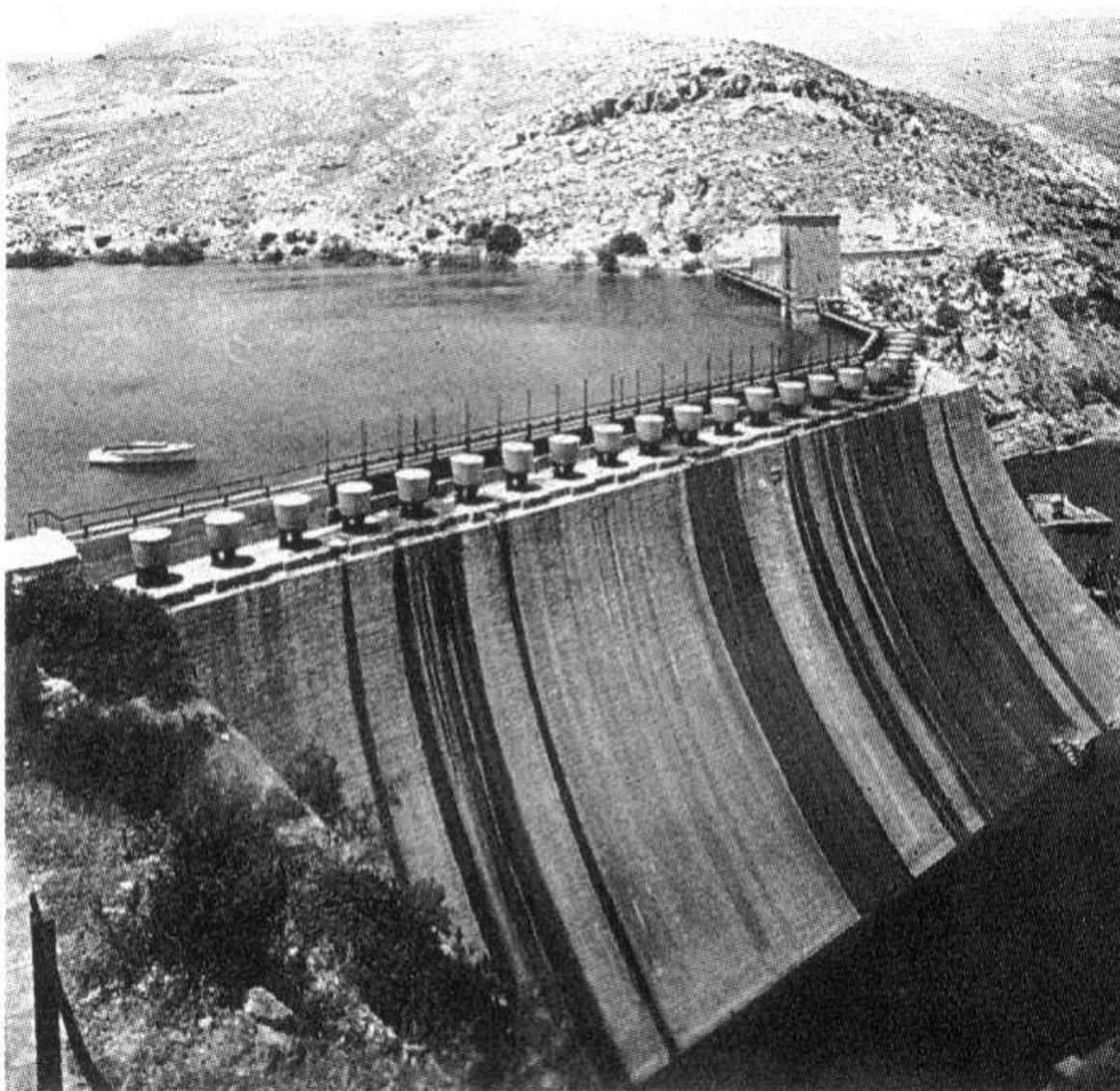


### INCREMENTO FORZE VERTICALI

Arsenale San Marco – Trieste. Nuovo bacino di carenaggio.  
Tiranti provvisori di sostegno da 90 t e 150 t + tiranti verticali definitivi da 100 t per ancoraggio platea di fondo.  
RODIO – 1980



INCREMENTO FORZE  
VERTICALI + ORIZZONTALI



*Diga di Cheurfas -ALGERIA - 1935  
Incremento del peso con tiranti da 1.000 t*

INCREMENTO FORZE VERTICALI

TIRIOLO -  
Antenna V  
H = 107 m

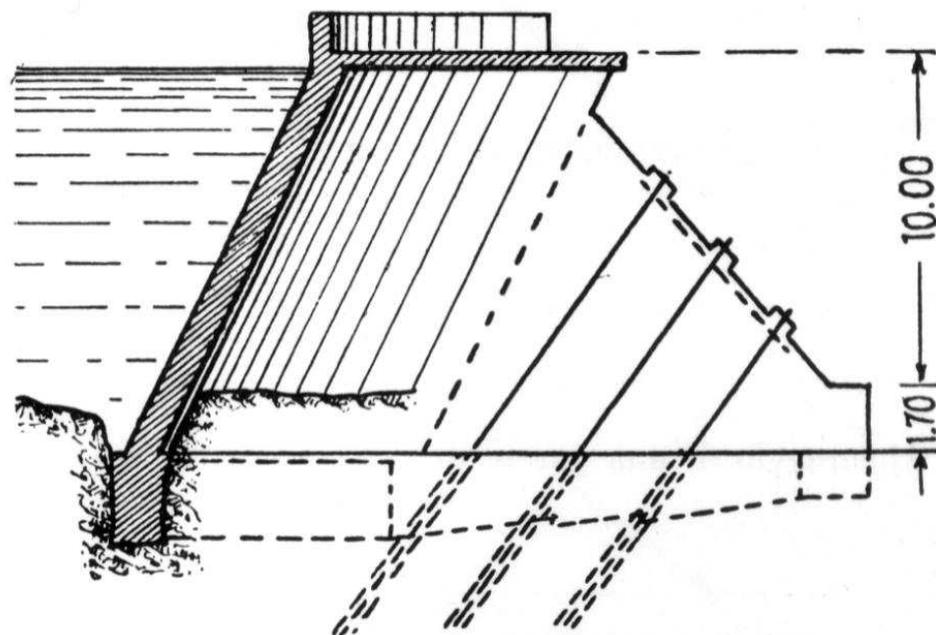
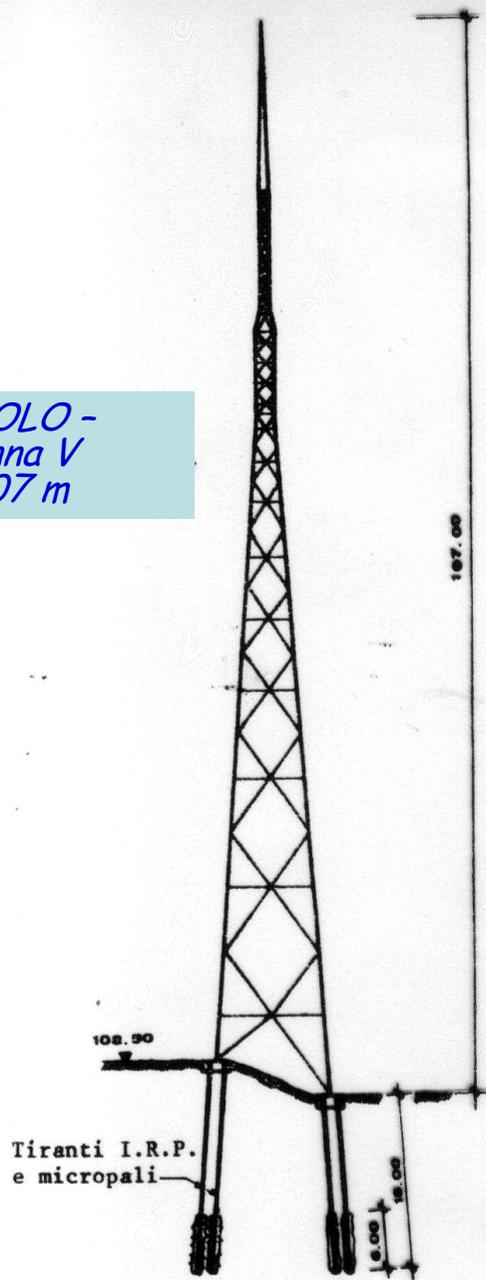
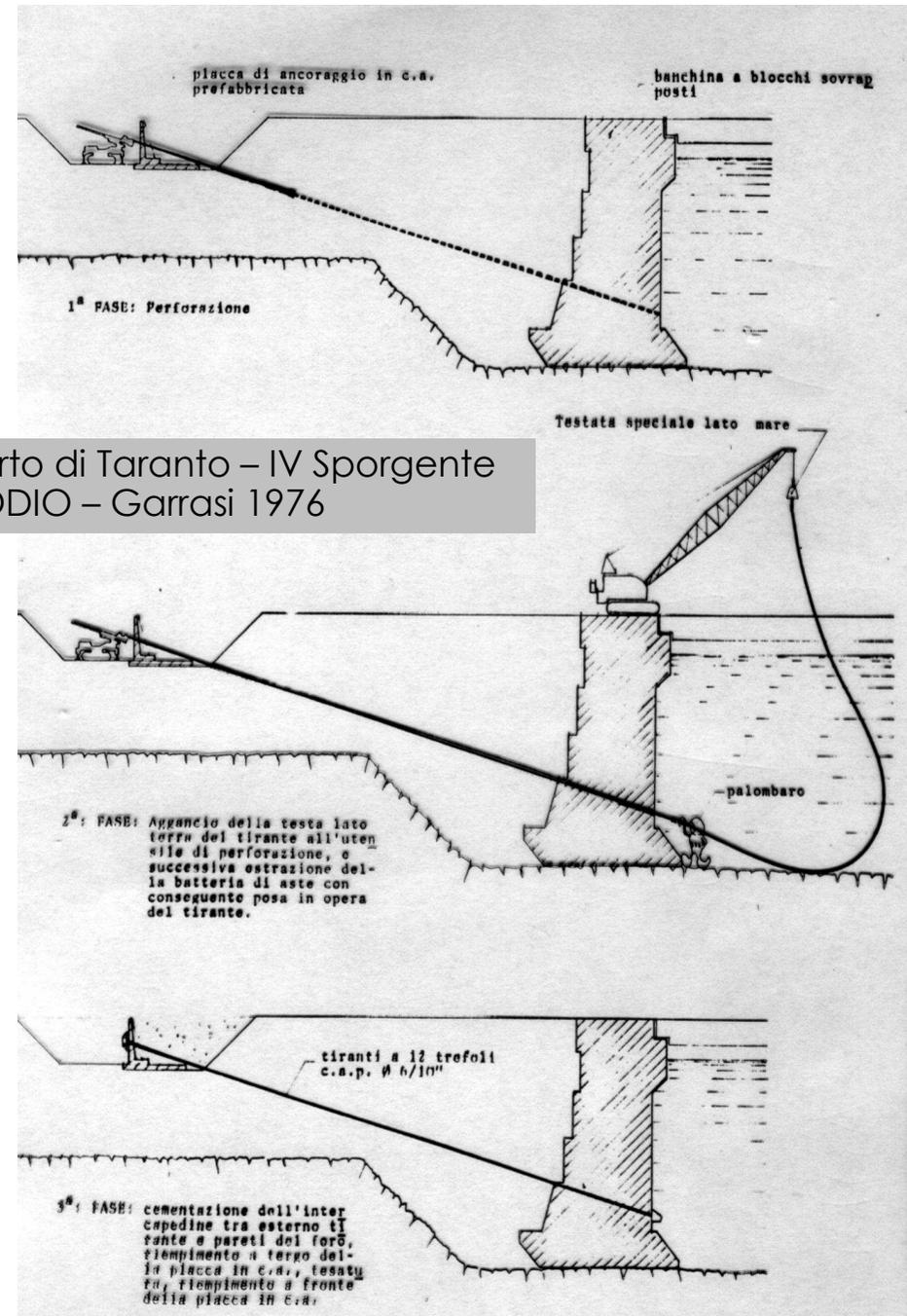


Fig. 17.31 - La diga di St. Michel.

INCREMENTO FORZE VERTICALI + ORIZZONTALI

UTILIZZO "IBRIDO" IN ABBINAMENTO  
A PIASTRE DI ANCORAGGIO IN C.A.



Porto di Taranto – IV Sporgente  
RODIO – Garrasi 1976

Opere di sostegno multiancorate

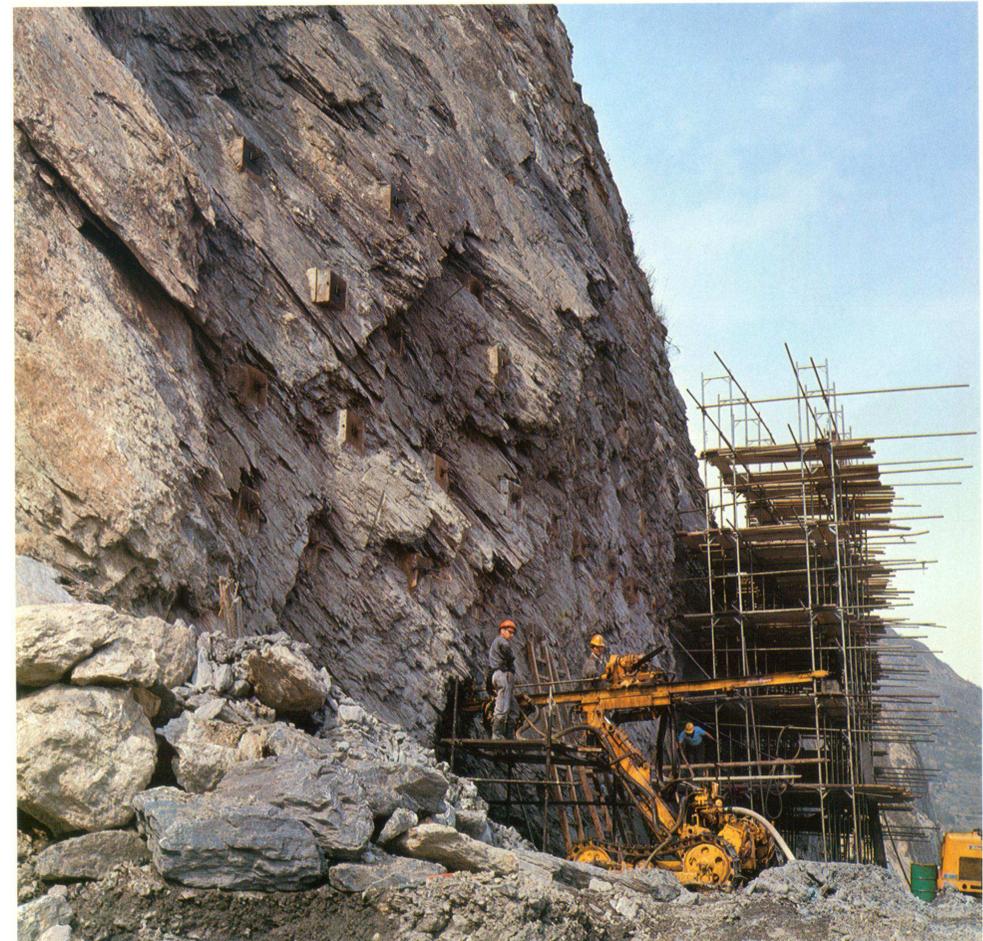


Genova Madre di Dio. Scavo di 34 m in argille, argilliti, blocchi calcarei e calcare fratturato. RODIO - 1975



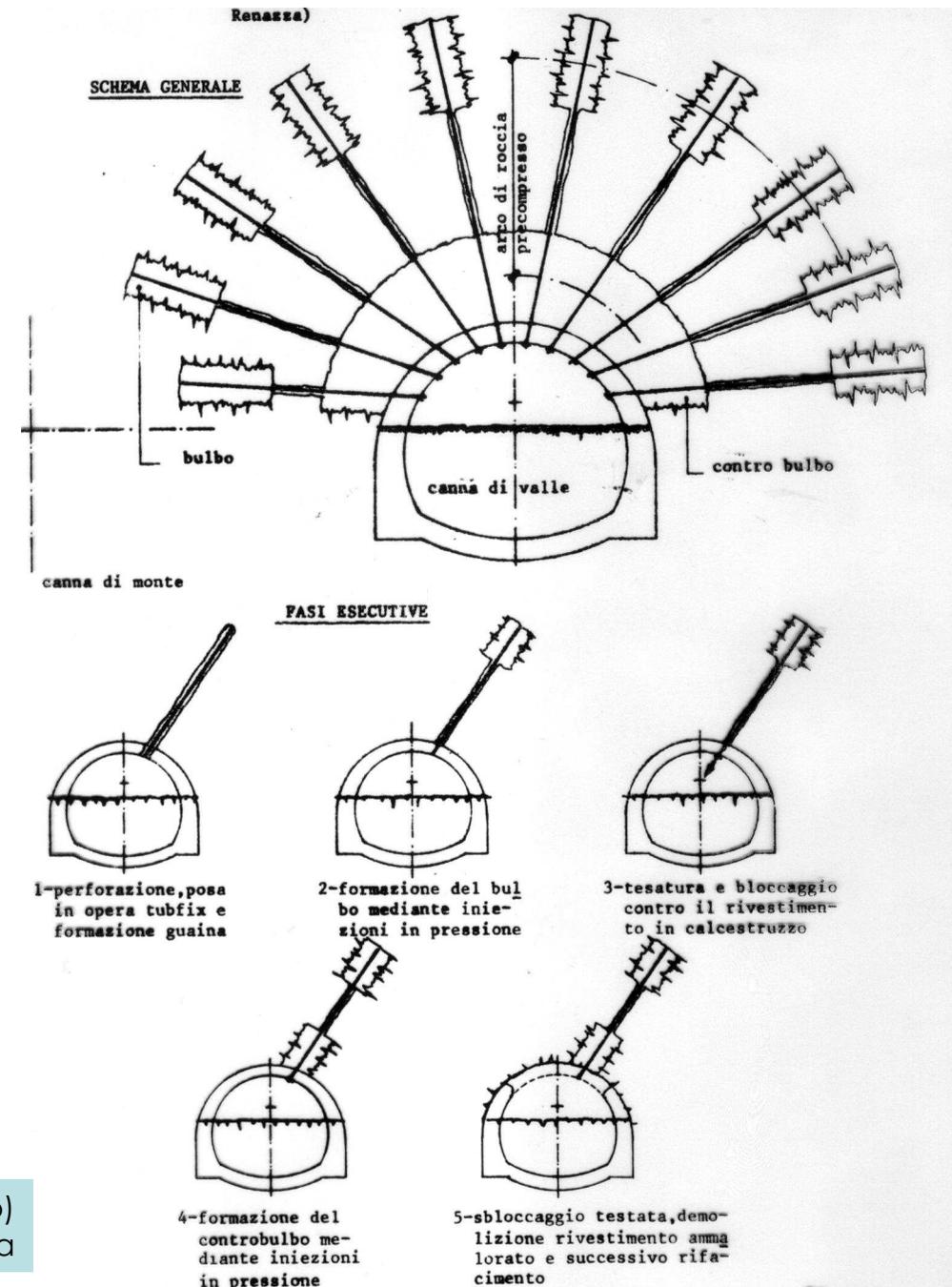
Impianto idroelettrico Fortuna - Panama  
RODIO - 1984

Stabilizzazione del cavo



Stabilizzazione fronti di roccia

Consolidamento gallerie -  
stabilizzazione del cavo:  
un esempio "di scuola"



Autostrada SA-RC - Galleria Renazza (Lagonegro)  
RODIO - 1970 circa

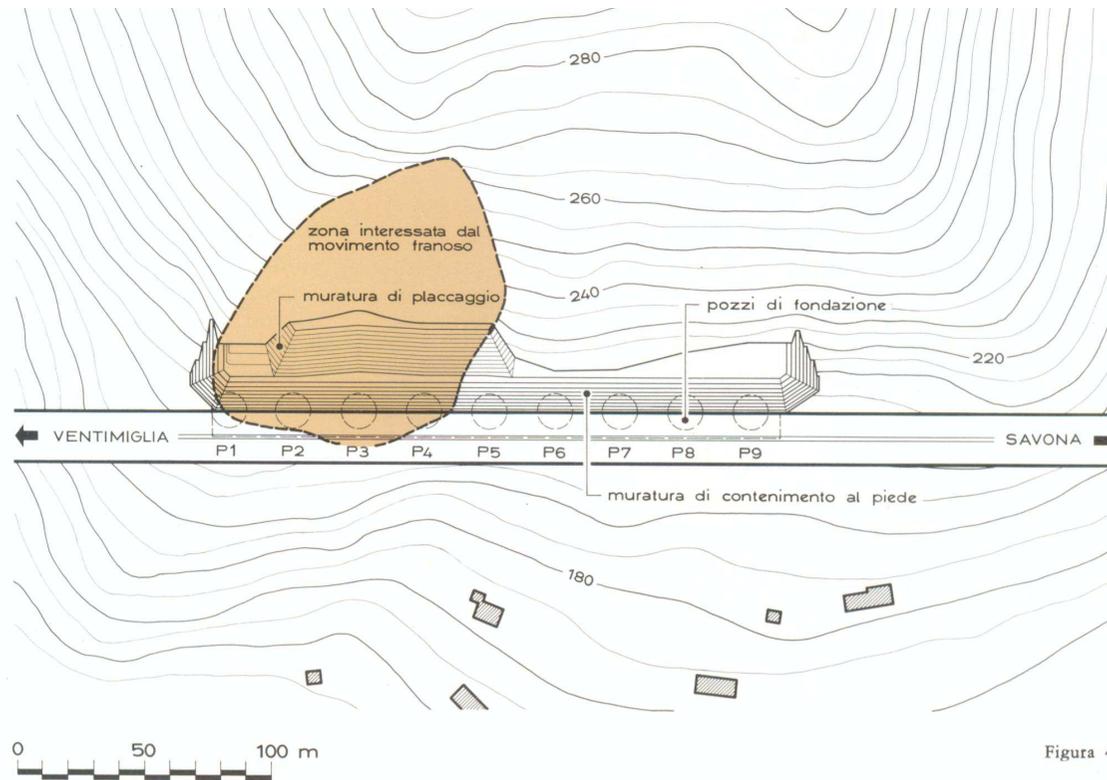
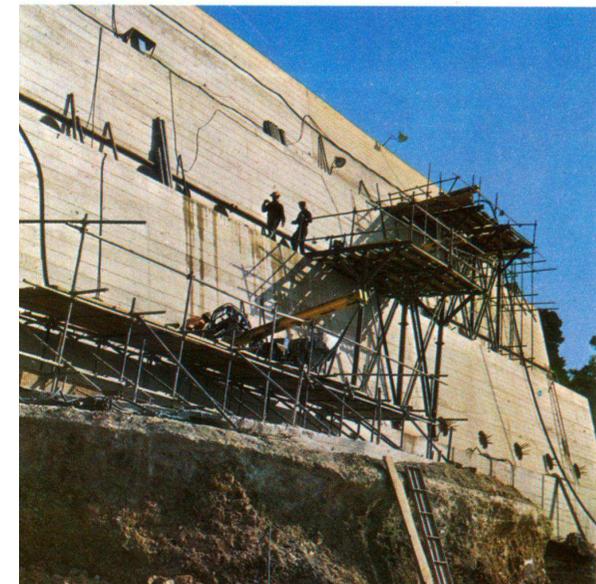
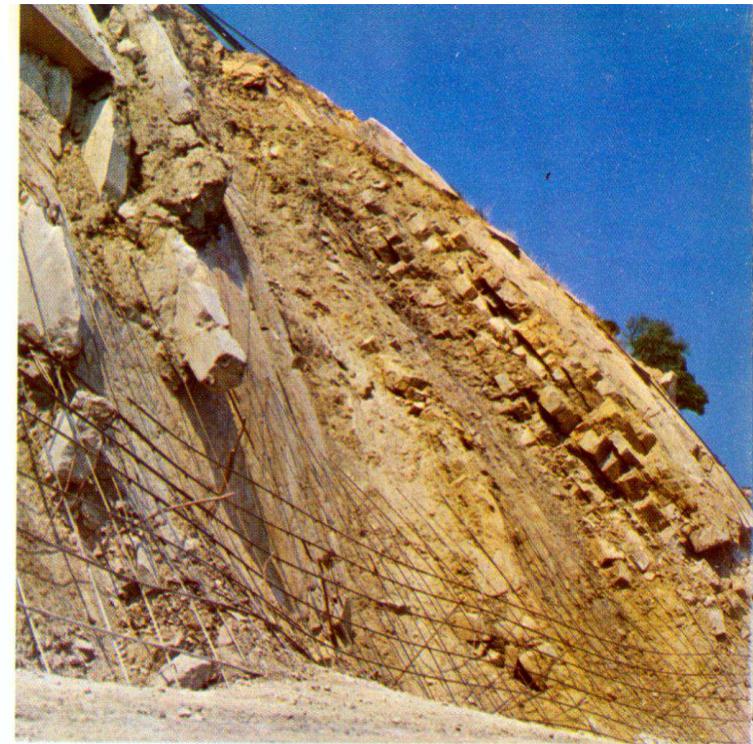


Figura 4



## Consolidamento pendii

Autostrada dei Fiori – Tronco Bordighera-San Remo.  
Consolidamento scarpata in frana con tiranti da 130 t  
Impresa RODIO – 1971

SVILUPPO PROSPETTICO CON UBICAZIONE DELLE TESTE DEI TIRANTI

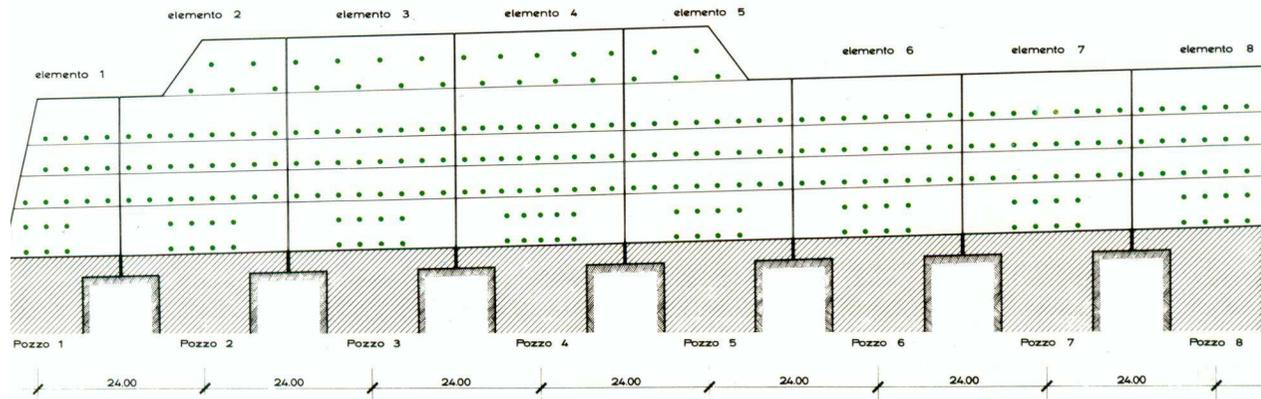
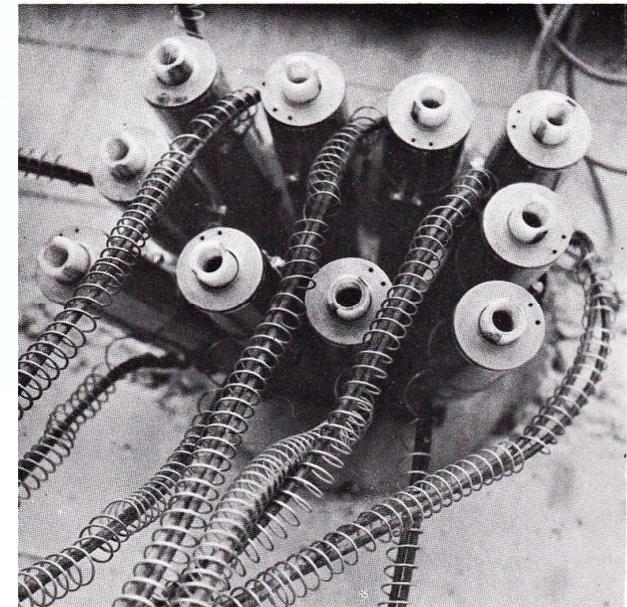
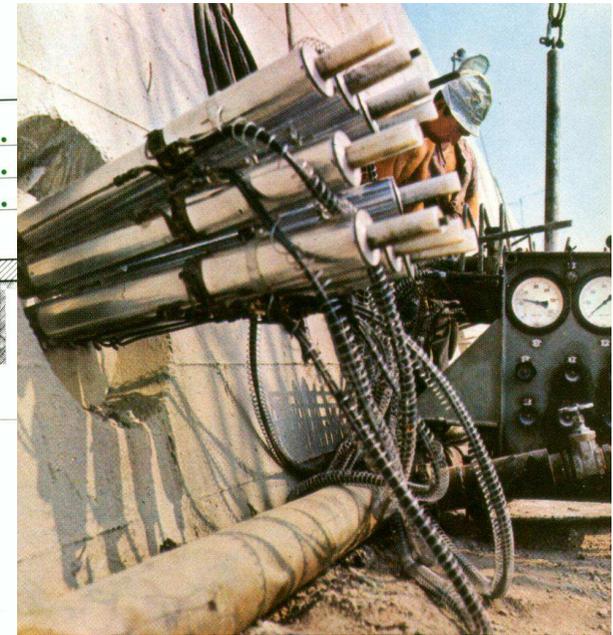
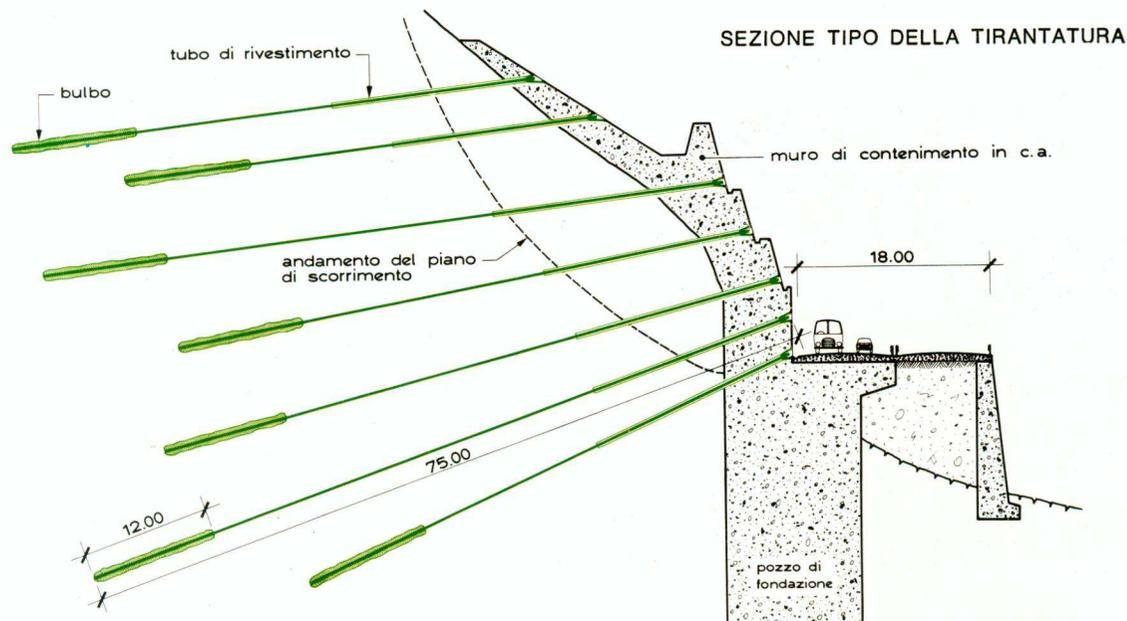
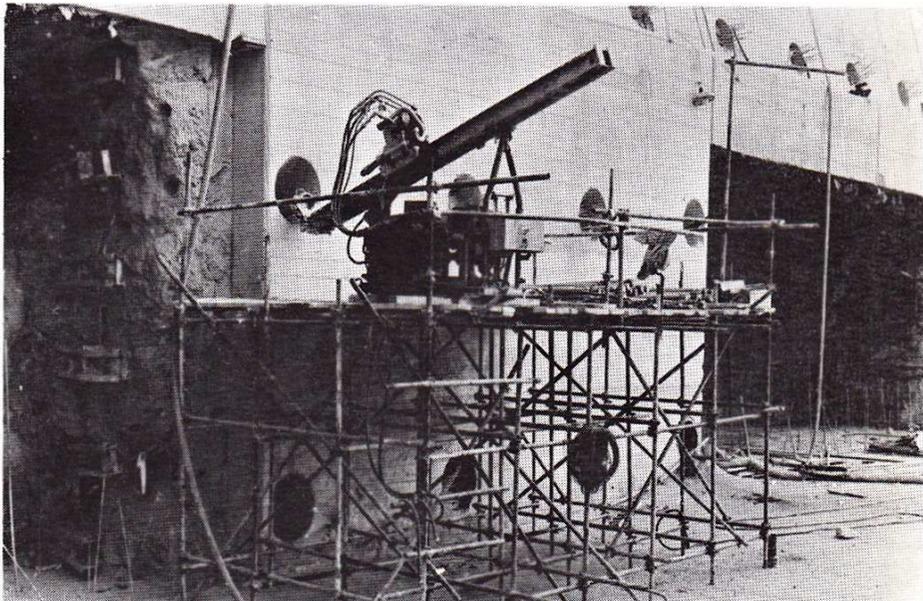
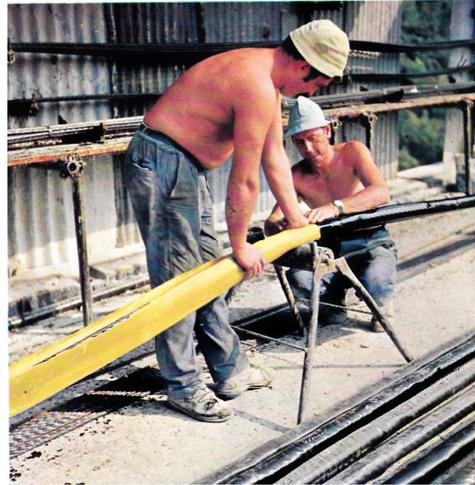


Figura 7

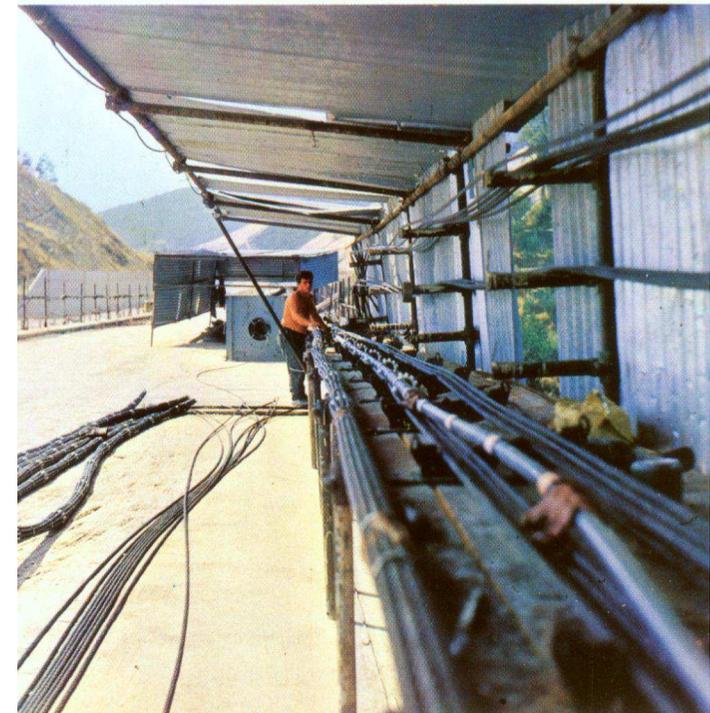


Autostrada dei Fiori – Tronco Bordighera-San Remo.  
Consolidamento scarpata in frana con tiranti da 130 t  
Impresa RODIO – 1971

*Immagini di un tipico cantiere anni '70 : quando le sonde andavano sui ponteggi ed i tiranti venivano assemblati in cantiere.  
E dove il know-how delle maestranze faceva la differenza.*



Autostrada dei Fiori – Tronco Bordighera-San Remo.  
Consolidamento scarpata in frana con tiranti da 130 t  
Impresa RODIO – 1971





TIRANTI DI ANCORAGGIO

ARMATURA  
A TREFOLI



ARMATURA  
IN BARRE

*vantaggi*

1. Campo di portate praticamente illimitato
2. Iniezione ottimale del bulbo e della parte libera dopo la tesatura
3. Sistema di tesatura semplice e comodo, con martinetti a lunga corsa

*svantaggi*

1. Testata ingombrante
2. Rischio di danneggiamento del tirante durante il trasporto e la posa in opera
3. Difficoltà ad equipaggiare i tiranti con dinamometri



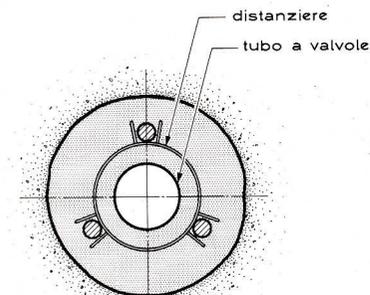
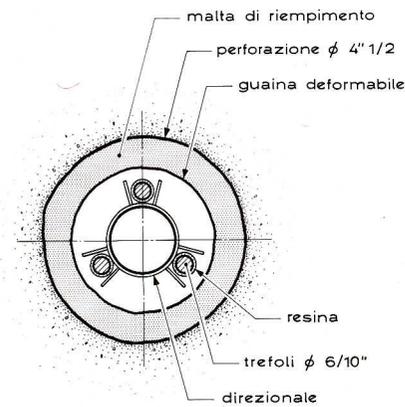
1. Testata poco ingombrante
2. Nessun rischio di danneggiamento durante il trasporto e la posa in opera
3. Ottimale protezione della testata
4. Semplicità nell'equipaggiare i tiranti con dinamometri

1. Campo di portate limitato
2. Iniezione non ottimale del bulbo e della parte libera dopo la tesatura
3. Sistema di tesatura scomodo, con martinetti a corsa limitata

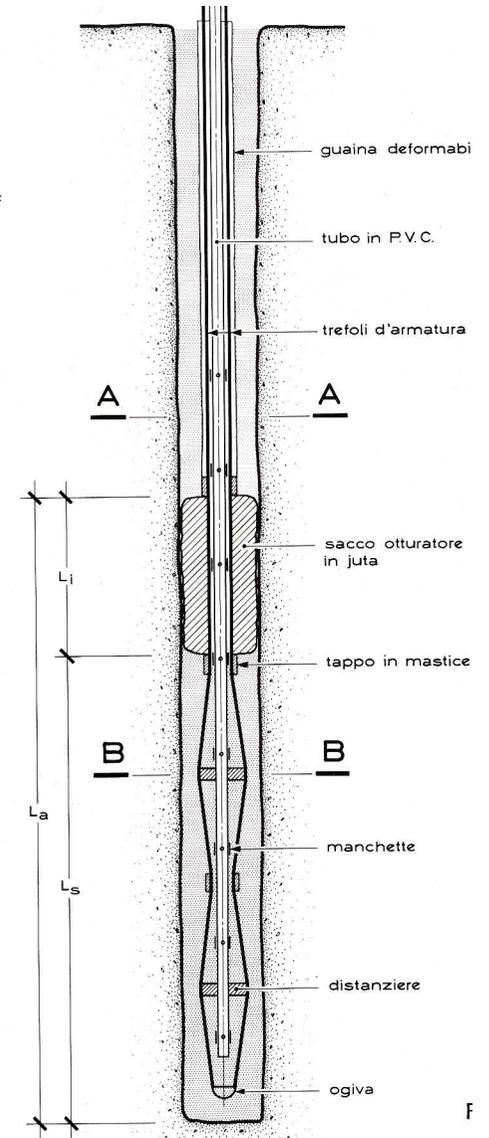
TIRANTE A TREFOLI "TIRSOL IRP"  
(è il prototipo dei tiranti nei terreni)



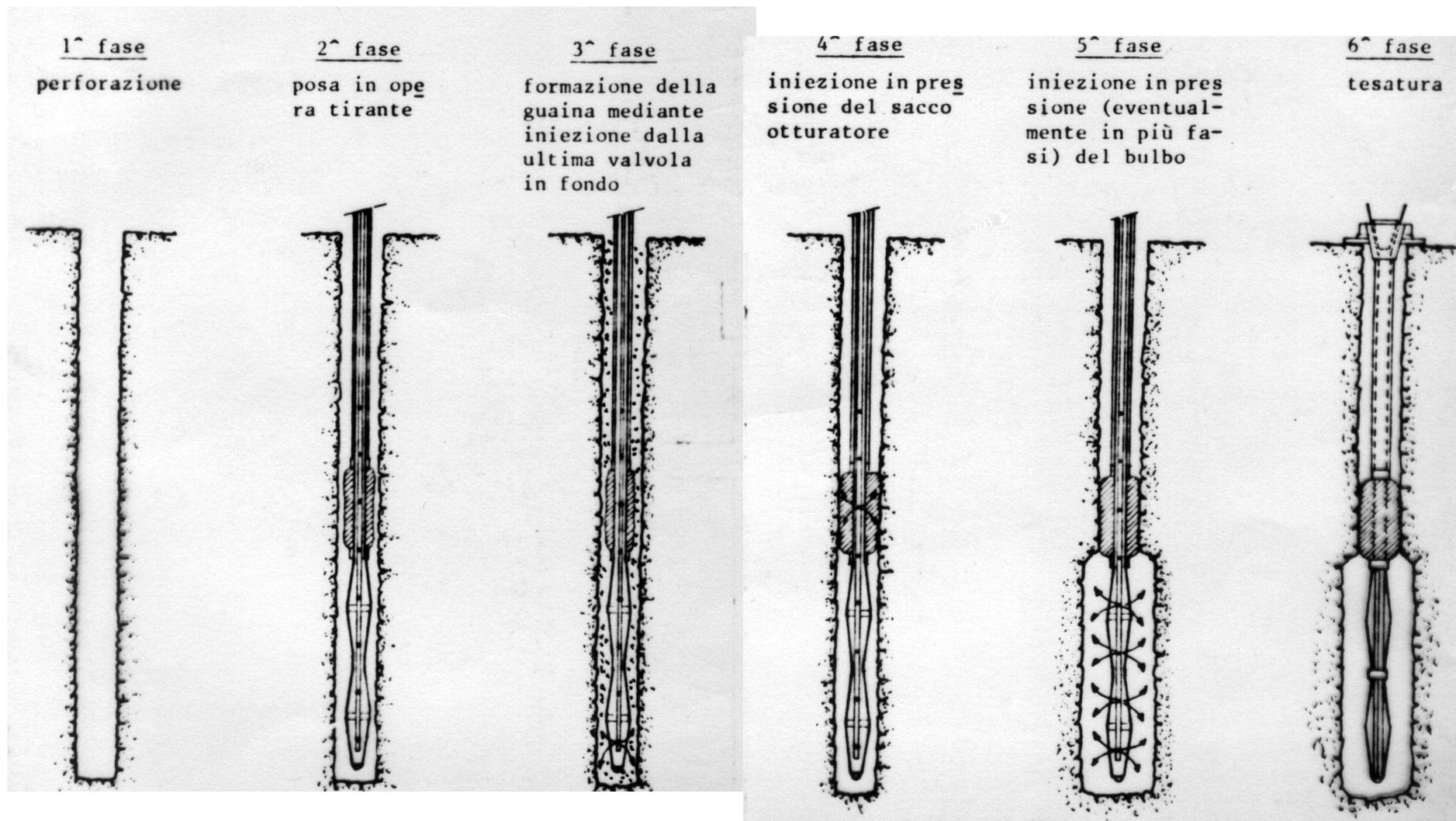
sezione A-A



sezione B-B

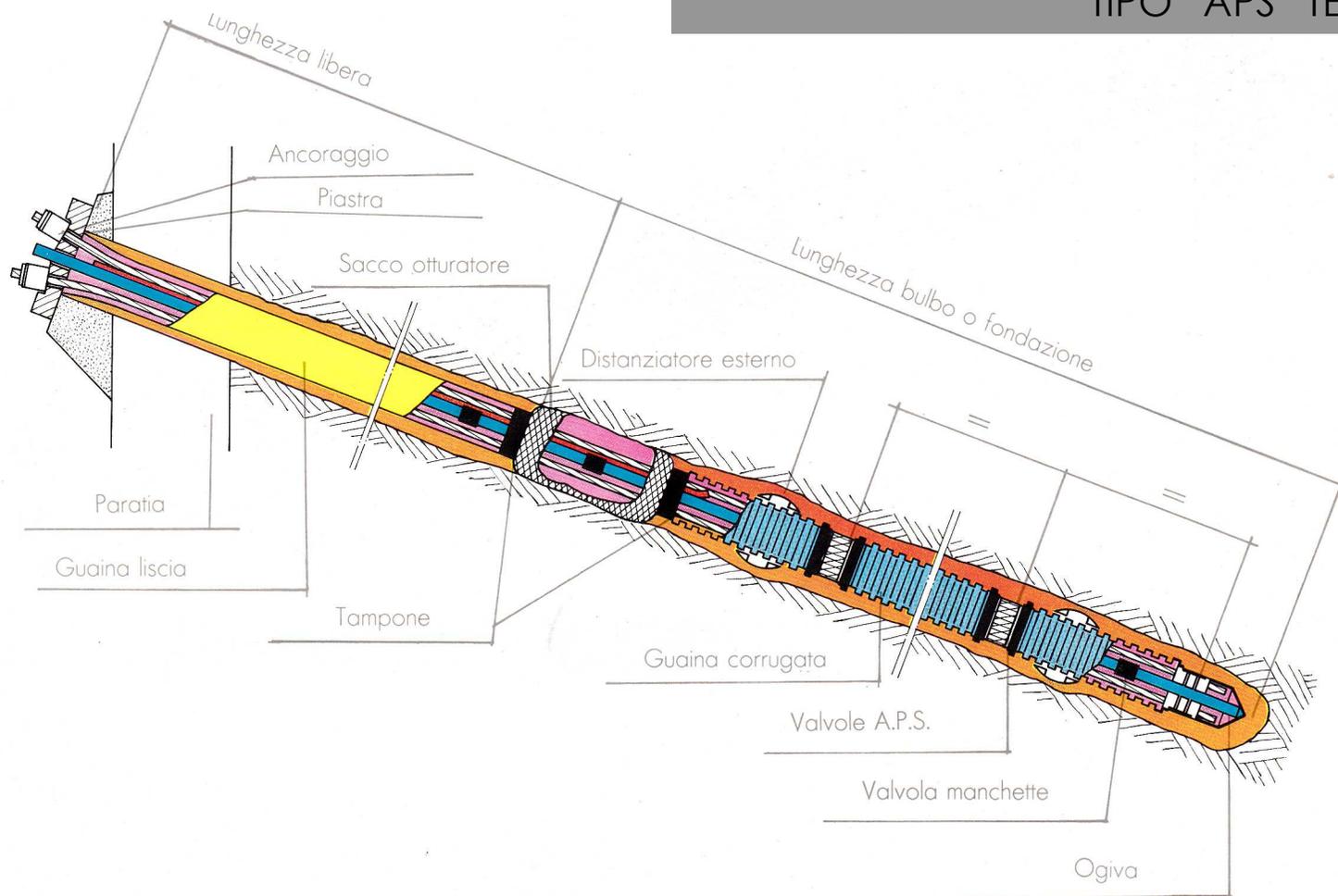


Tirante a 6 trefoli sezionato  
nella zona del bulbo

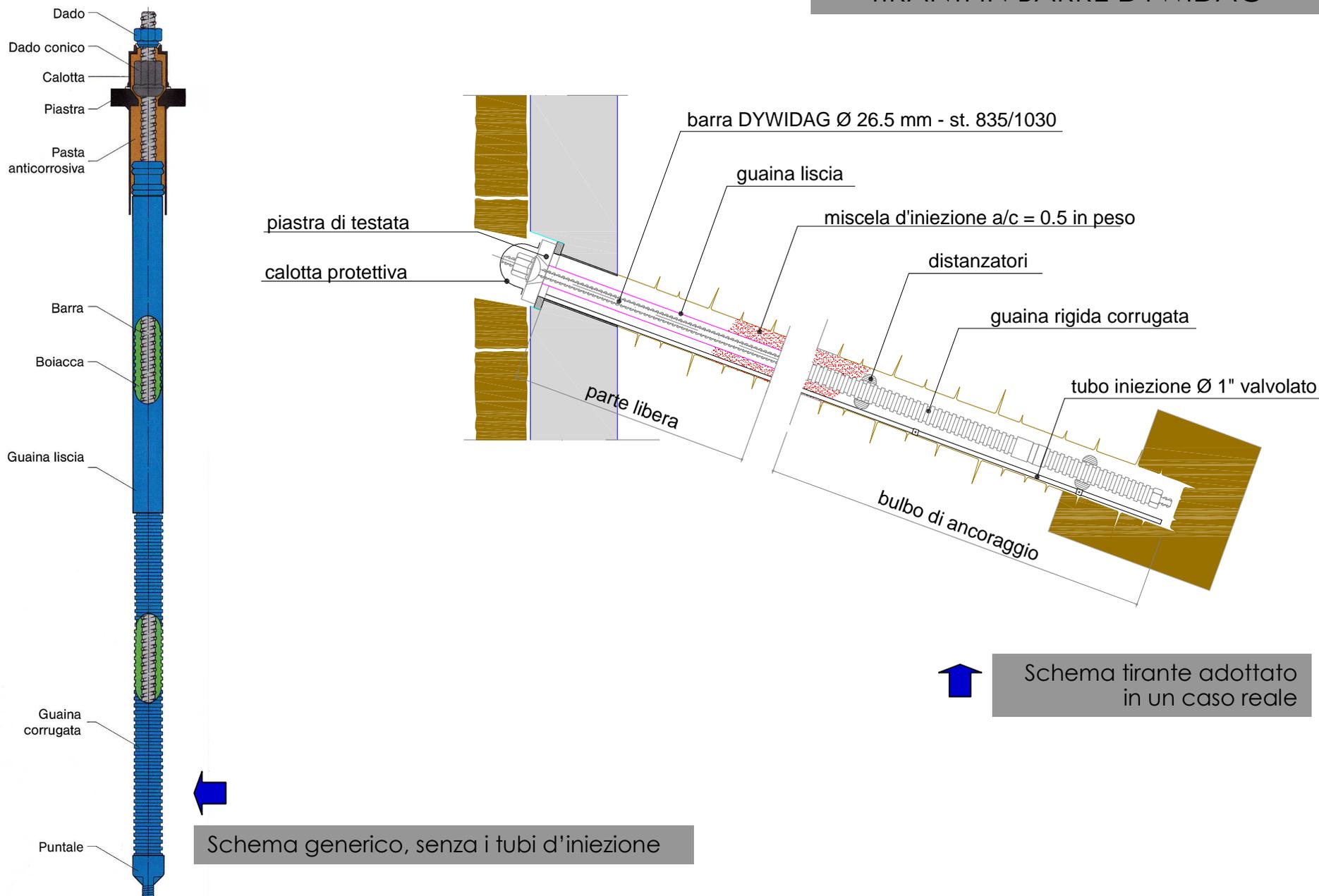


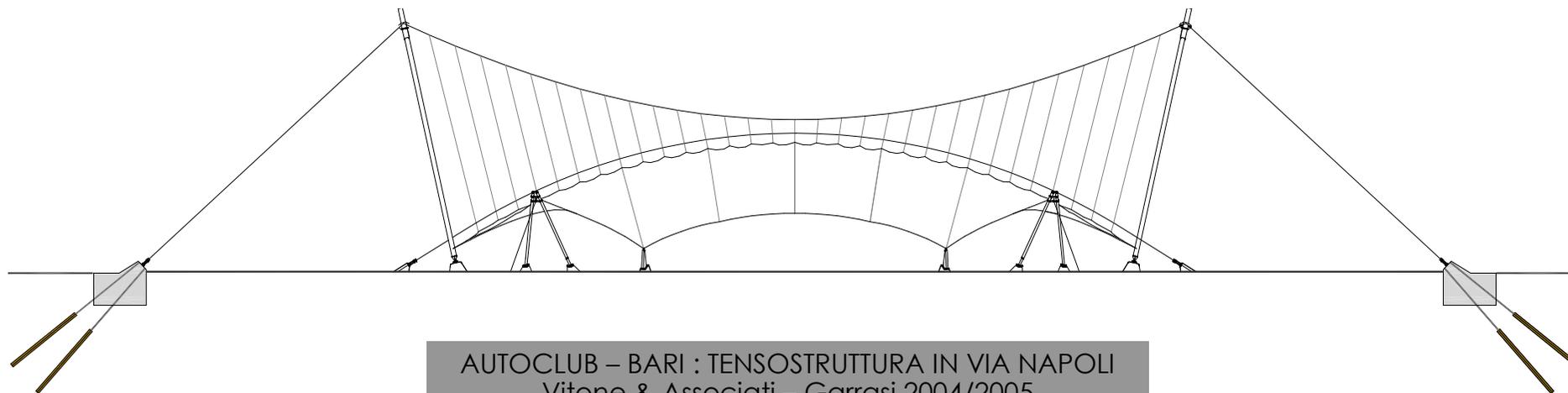
Fasi esecutive di un tirante TIRSOL I.R.P.

TIRANTE A TREFOLI A PROTEZIONE TOTALE  
TIPO "APS" TENSACCIAI



# TIRANTI IN BARRE DYWIDAG





AUTOCLUB - BARI : TENSOSTRUTTURA IN VIA NAPOLI  
Vitone & Associati - Garrasi 2004/2005

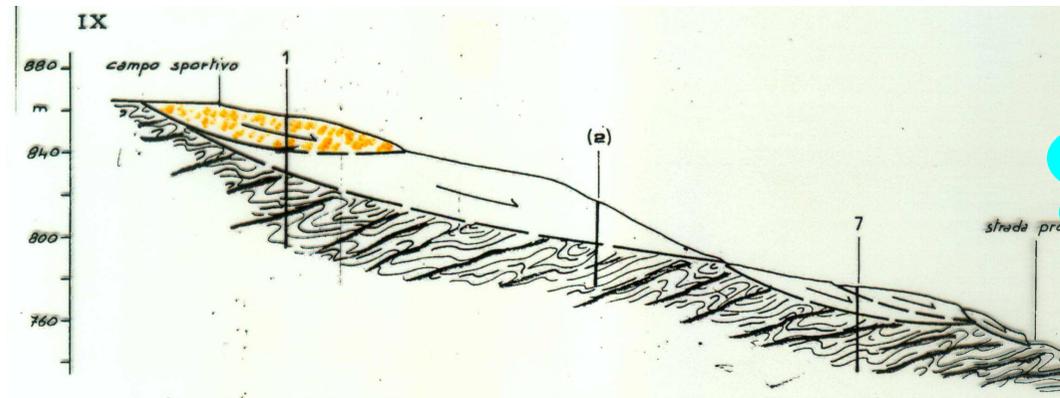
Tesature di collaudo



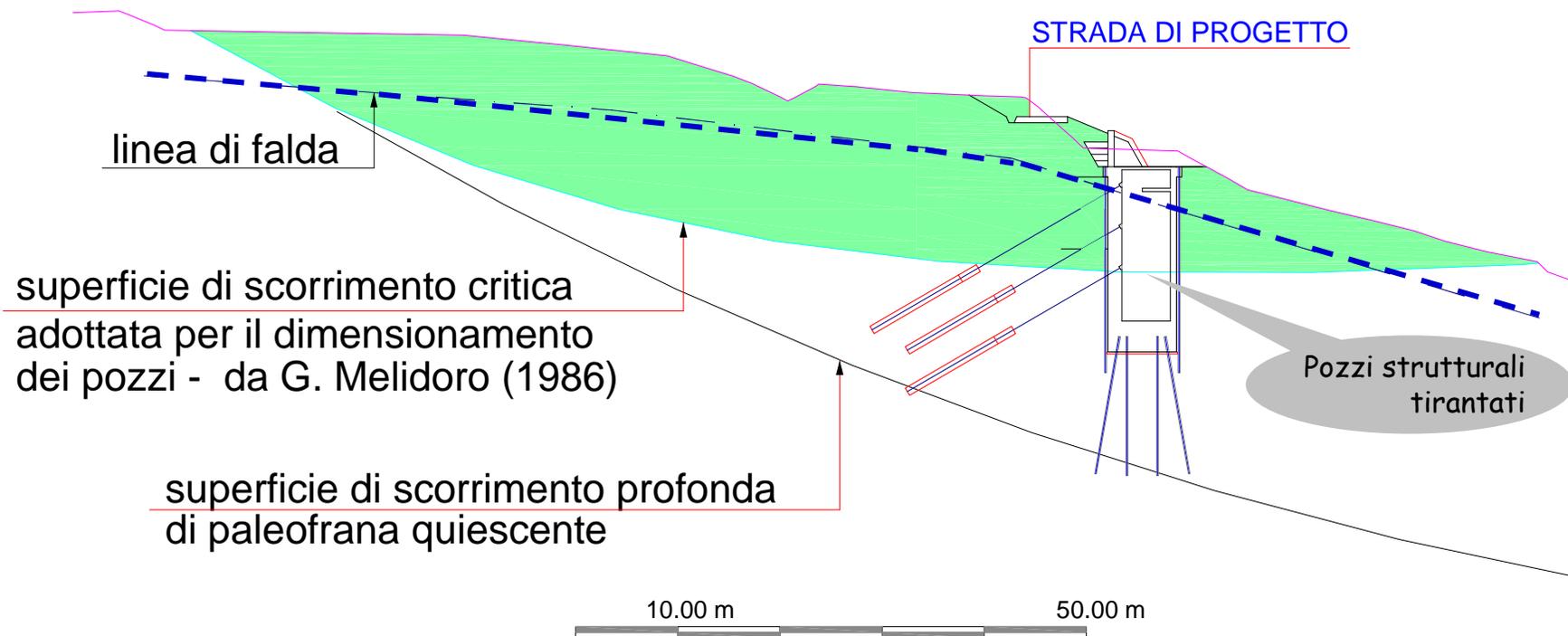
Uno dei blocchi di fondazione,  
con 6 tiranti Dywidag  $\varnothing$  32 mm



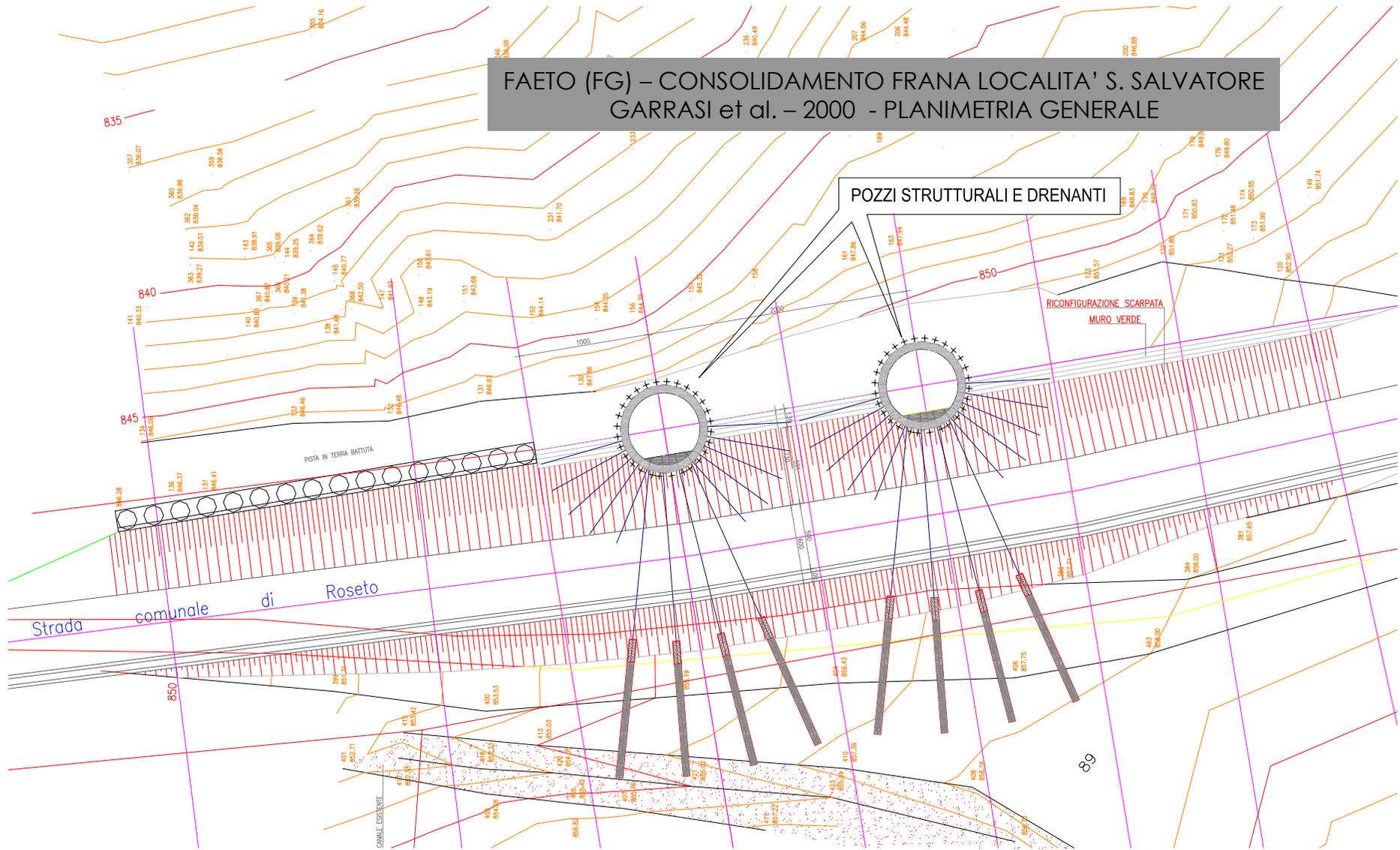
COMUNE DI FAETO (FG) – CONSOLIDAMENTO FRANA LOCALITA' S. SALVATORE - GARRASI et al. - 2000



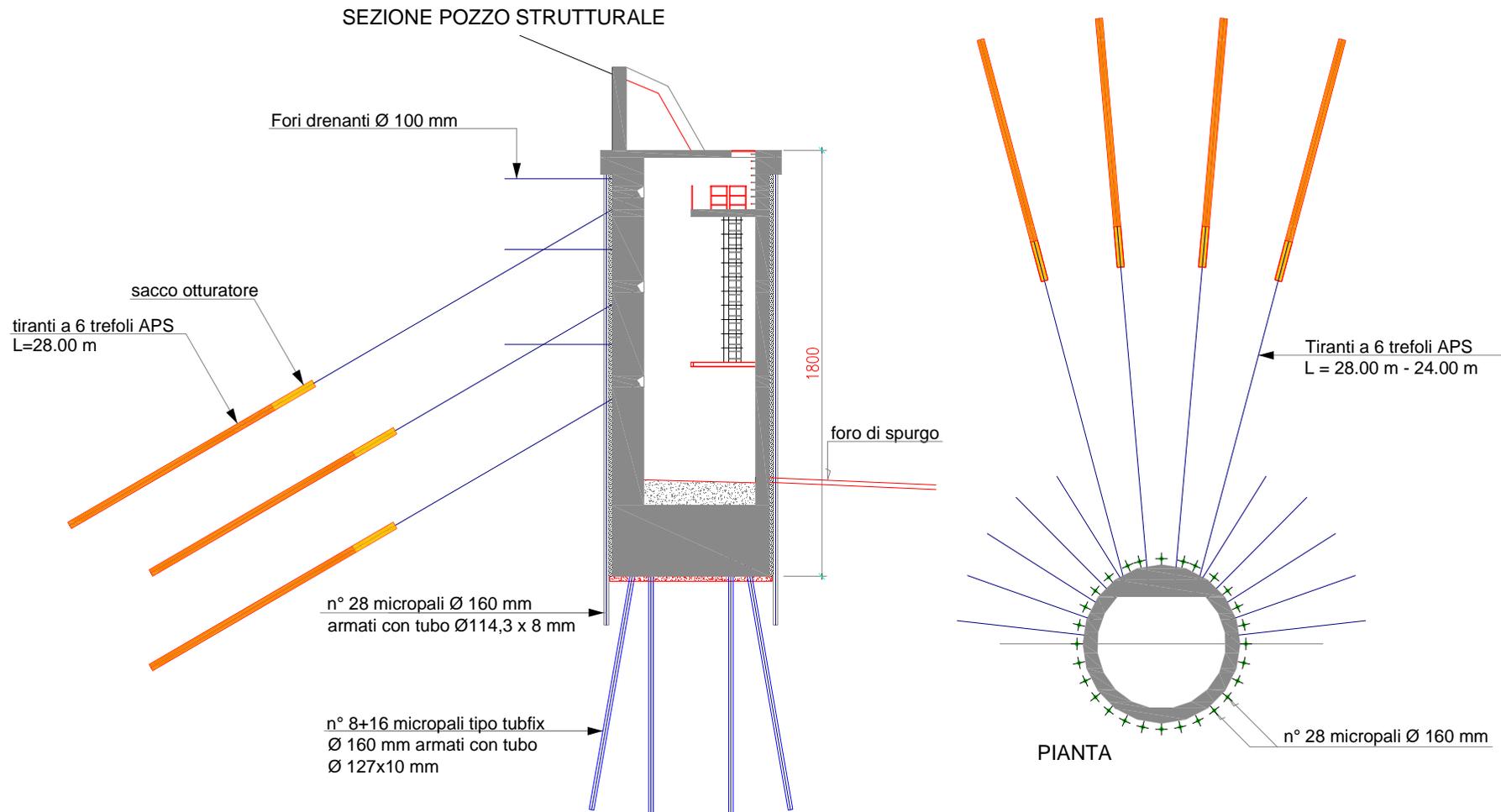
esempio di studio geomorfologico indispensabile per progettare



USO DI TIRANTI PER LA STABILIZZAZIONE DI PENDII IN FRANA : CASE HISTORIES

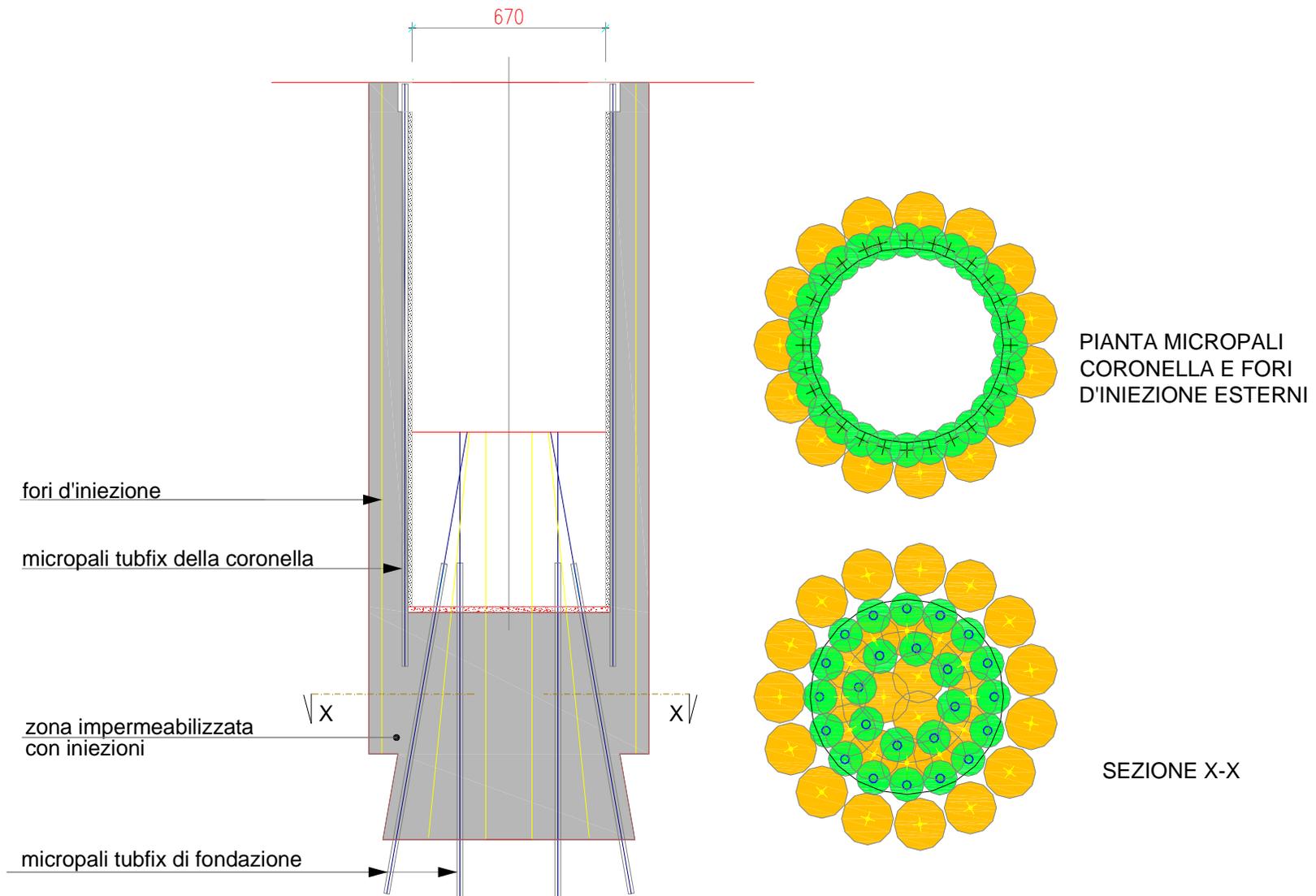


USO DI TIRANTI PER LA STABILIZZAZIONE DI PENDII IN FRANA : CASE HISTORIES

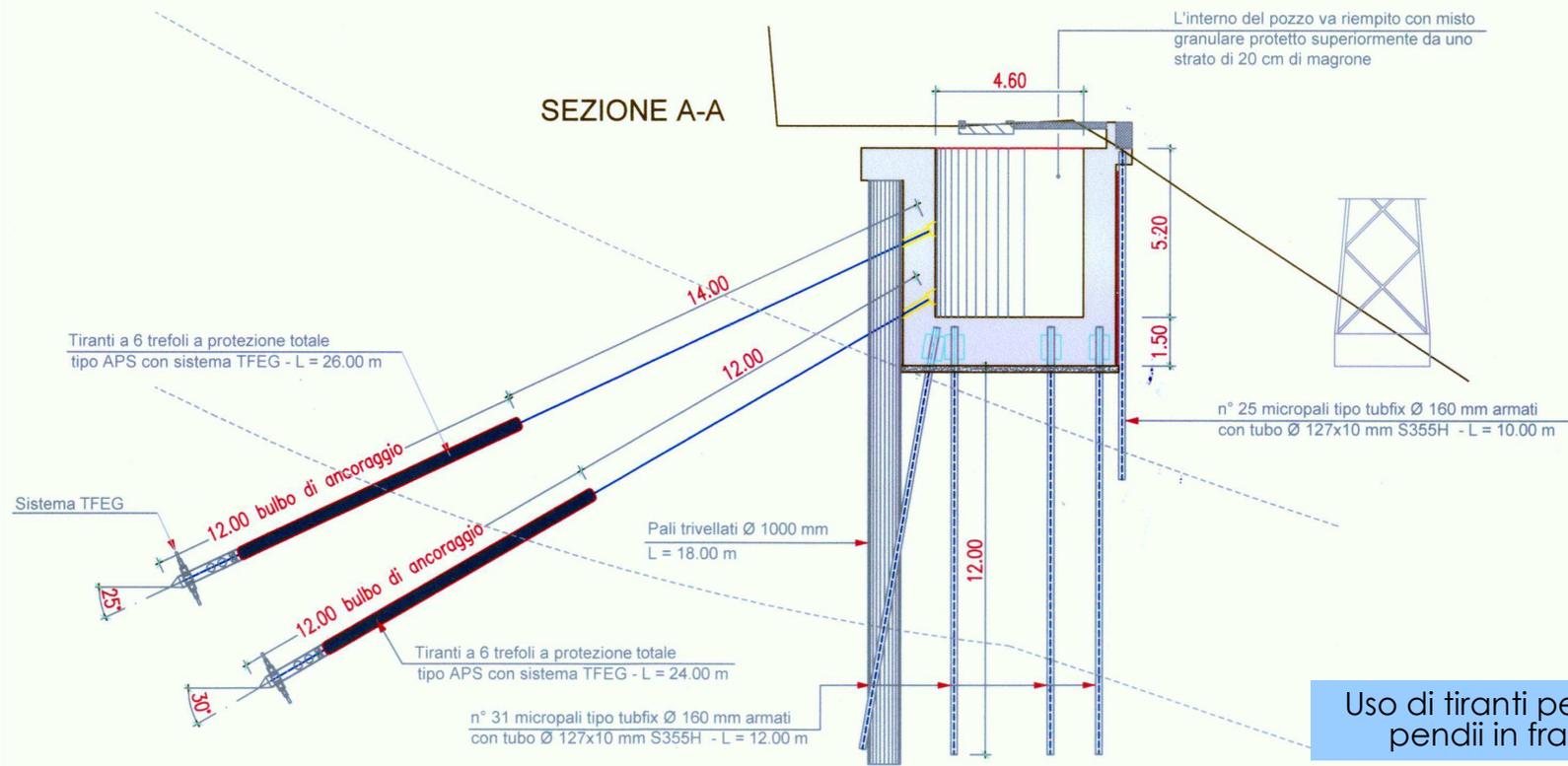
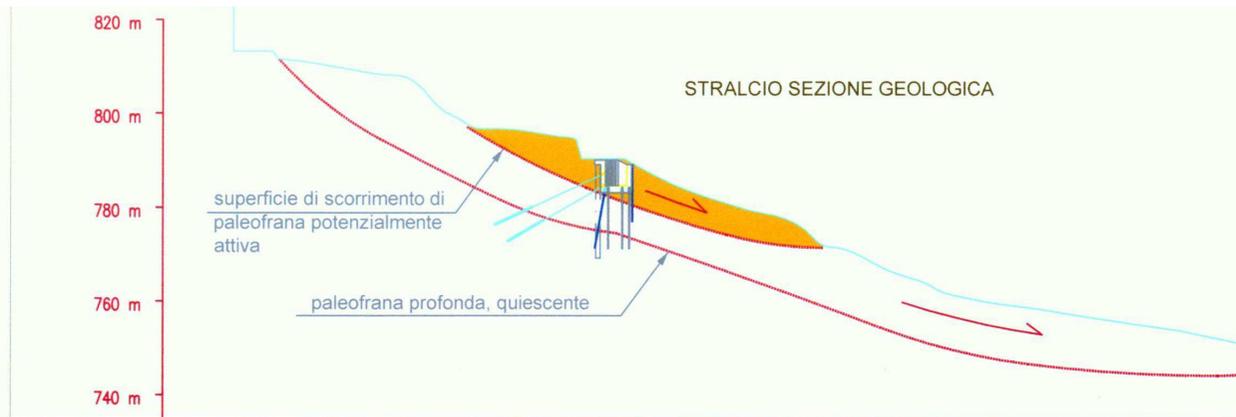


SCHEMA INTERVENTI DI IMPERMEABILIZZAZIONE PRELIMINARE DELLO  
SCAVO DEL POZZO

USO DI TIRANTI PER  
LA STABILIZZAZIONE DI PENDII  
IN FRANA : CASE HISTORIES



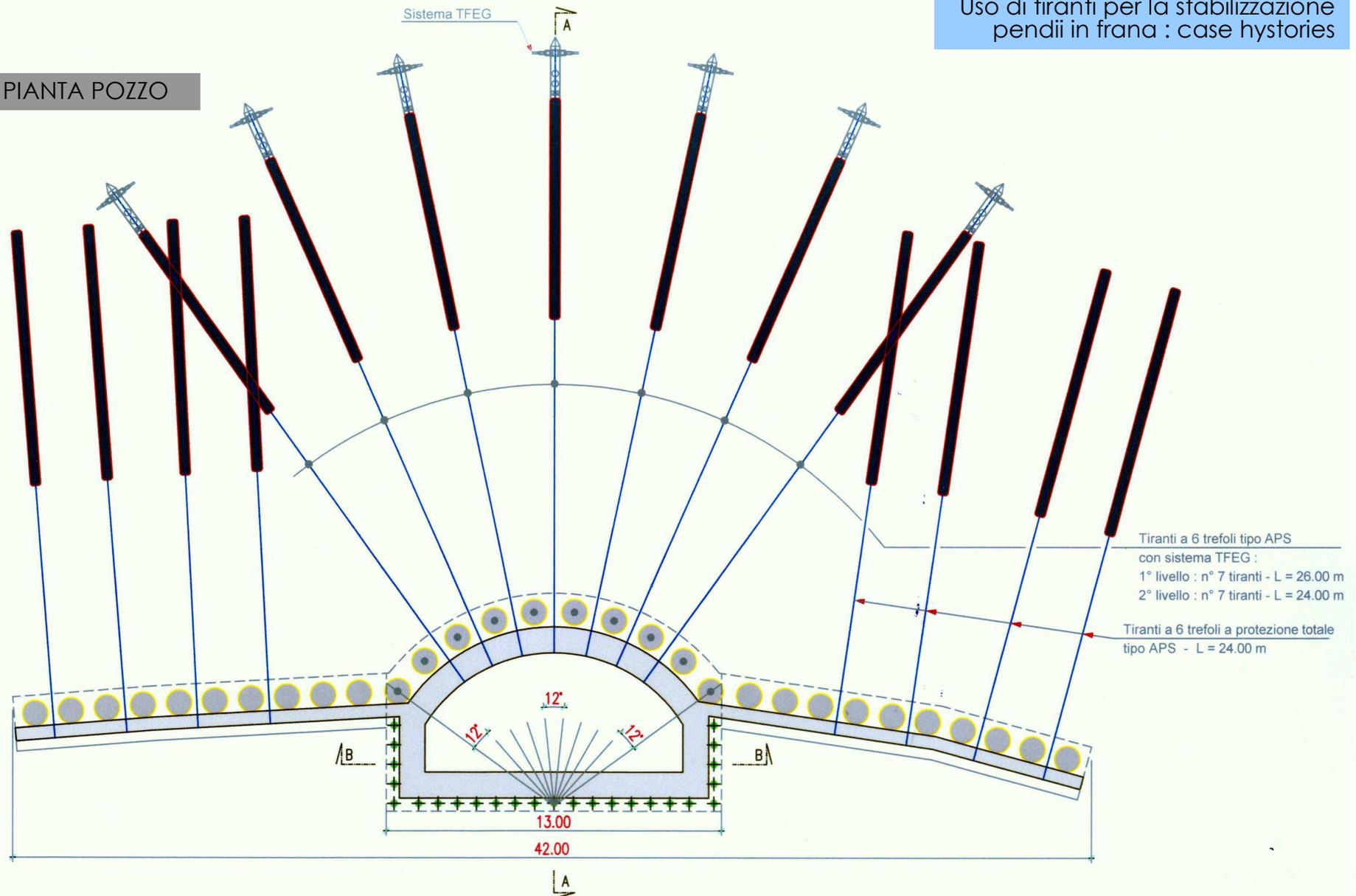
COMUNE DI FAETO (FG) CONSOLIDAMENTO DISSESTO IDROGEOLOGICO VIA PROVINCIALE – VILLA COMUNALE  
GARRASI et al. – 2010-2012



Uso di tiranti per la stabilizzazione pendii in frana : case hystories

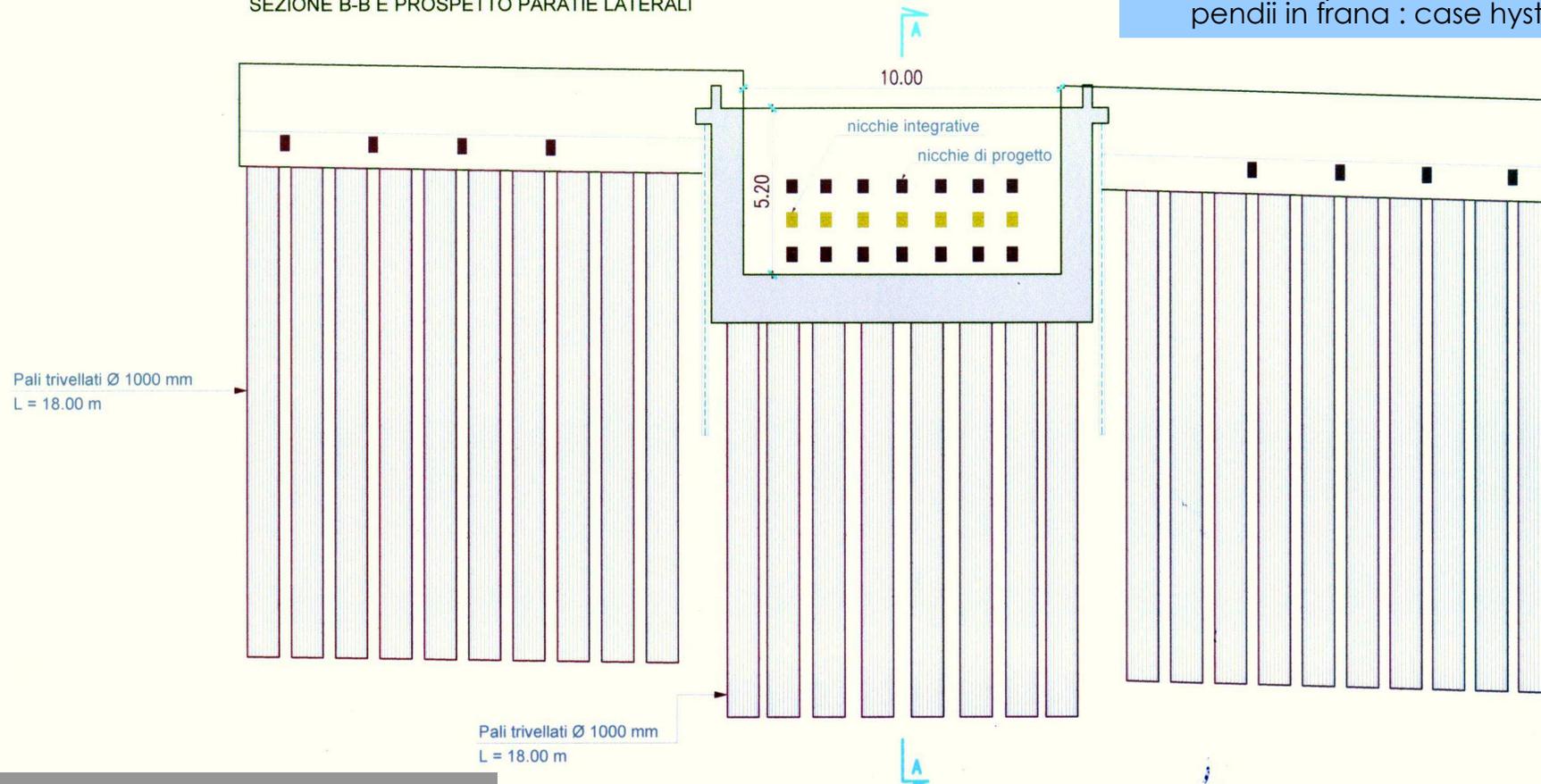
Uso di tiranti per la stabilizzazione  
pendii in frana : case histories

PIANTA POZZO

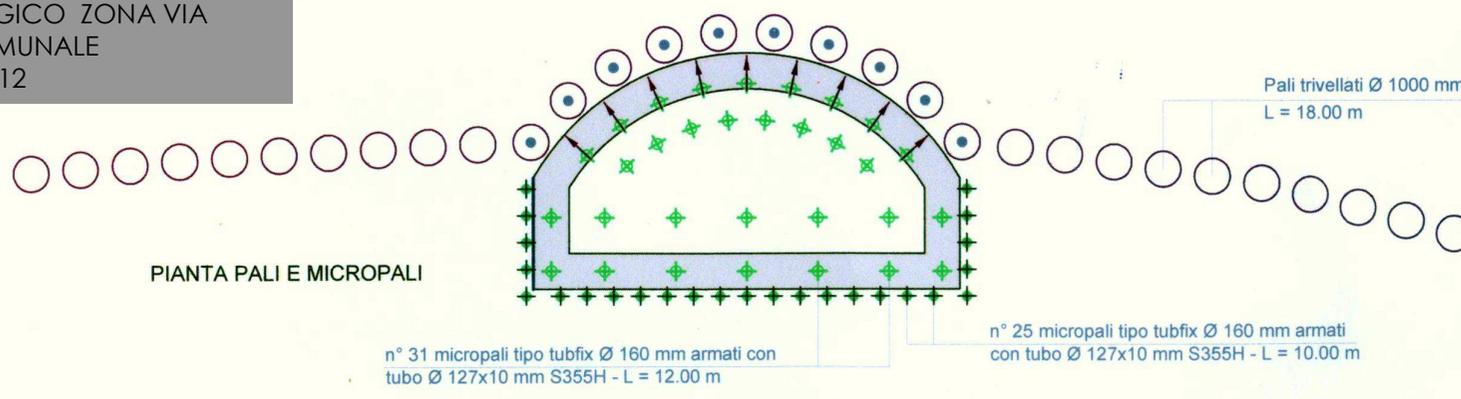


Uso di tiranti per la stabilizzazione  
pendii in frana : case histories

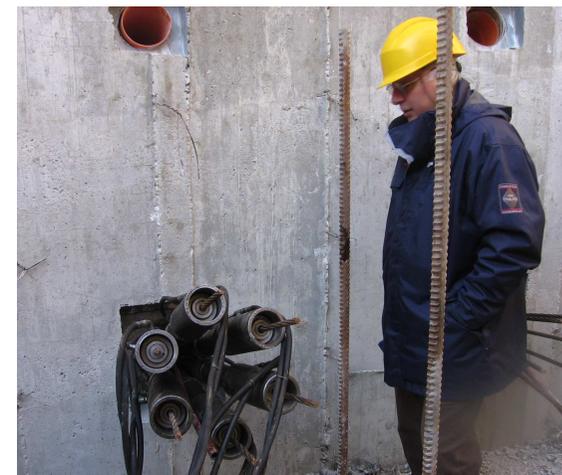
SEZIONE B-B E PROSPETTO PARATIE LATERALI



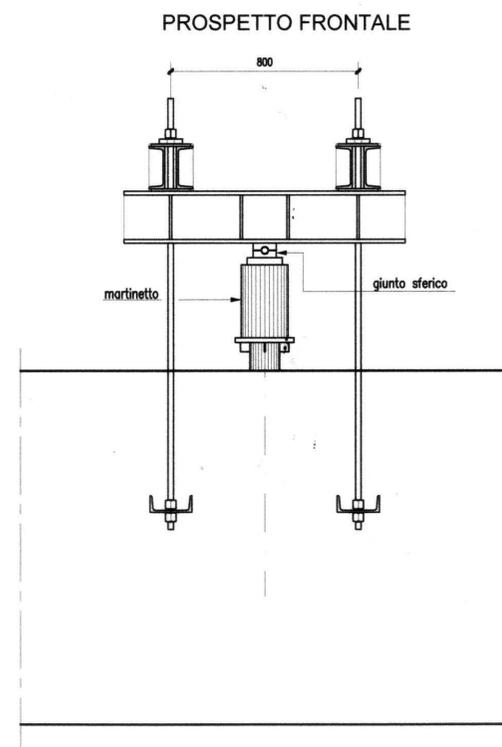
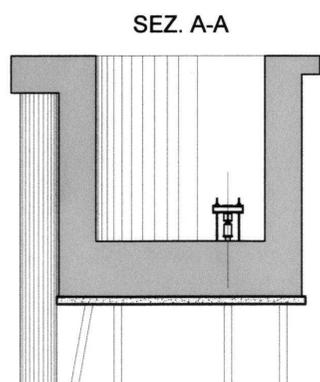
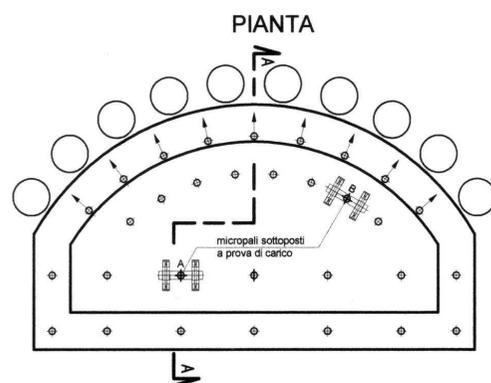
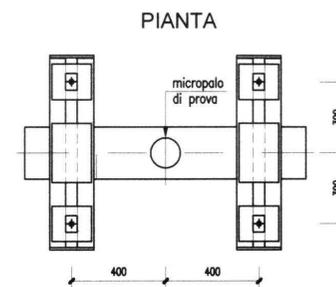
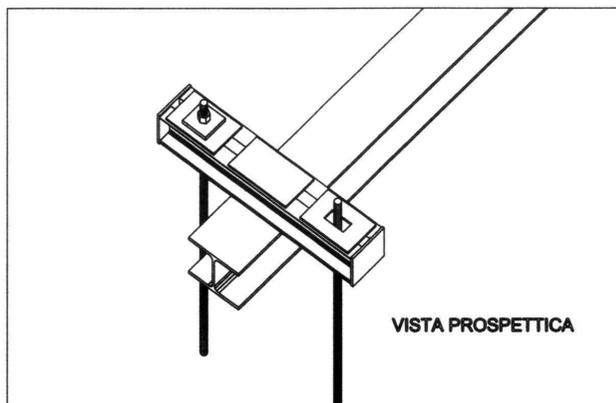
COMUNE DI FAETO (FG) - CONSOLIDAMENTO  
DISSESTO IDROGEOLOGICO ZONA VIA  
PROVINCIALE/VILLA COMUNALE  
GARRASI et al. - 2010-2012



COMUNE DI FAETO (FG) CONSOLIDAMENTO DISSESTO IDROGEOLOGICO ZONA VIA PROVINCIALE/VILLA COMUNALE : MISCELLANEA DI FOTO (linetta con pali e tiranti per la paleofrana) GARRASI et al. - 2010-2012

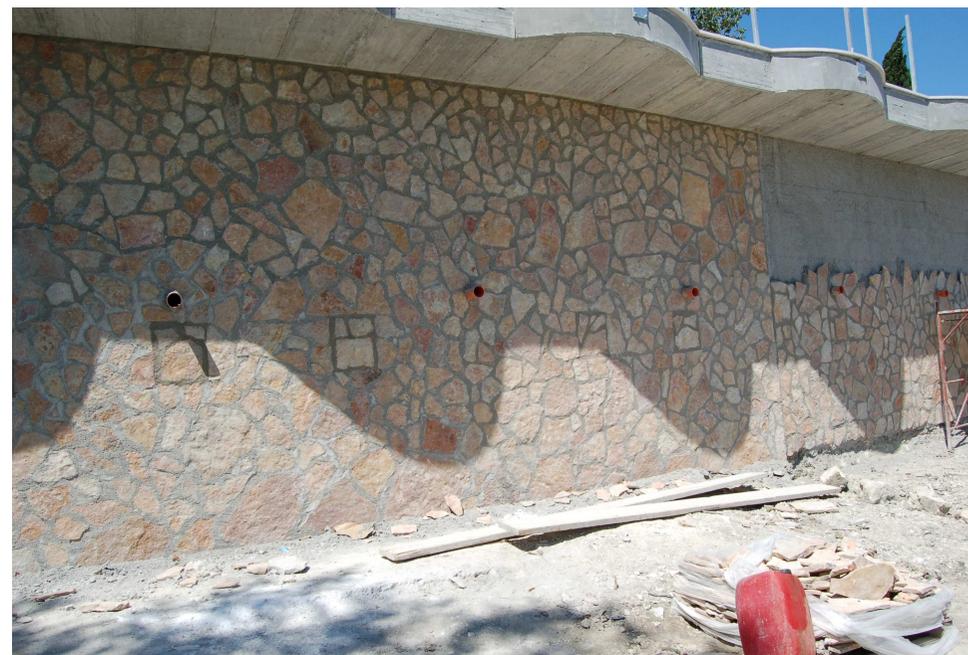


COMUNE DI FAETO (FG) CONSOLIDAMENTO DISSESTO IDROGEOLOGICO ZONA VIA PROVINCIALE/VILLA  
COMUNALE : DISPOSITIVO PROVE DI CARICO SUI MICROPALI GARRASI et al. - 2010-2012



COMUNE DI FAETO (FG) CONSOLIDAMENTO DISSESTO IDROGEOLOGICO ZONA VIA PROVINCIALE/VILLA COMUNALE  
MISCELLANEA DI FOTO (paratie di pali e tiranti per frane superficiali da creep)

GARRASI et al. - 2010-2012



COMUNE DI FAETO (FG) CONSOLIDAMENTO DISSESTO IDROGEOLOGICO ZONA VIA PROVINCIALE/VILLA COMUNALE  
MISCELLANEA DI FOTO GARRASI et al. - 2010-2012



IL PROCESSO DI PROGETTAZIONE DI UN'OPERA TIRANTATA (LIMITAMENTI AI TIRANTI)

PROGETTAZIONE  
GEOTECNICA

in blu gli aspetti comuni  
alle due progettazioni

PROGETTAZIONE  
STRUTTURALE

CANTIERISTICA

CONTROLLI E  
MONITORAGGI

Modello geotecnico

Progettazione geotecnica e strutturale dell'opera tirantata

Capacità portante del bulbo : stima preliminare

Piano delle prove preliminari "di progetto"

Regolamentazione delle modalità esecutive

- stoccaggio e movimentazione tiranti
- perforazione e posa in opera del tirante
- miscele d'iniezione
- impianto d'iniezione
- modalità d'iniezione

Progettazione geotecnica e strutturale dell'opera tirantata

Capacità portante strutturale (progetto dell'armatura)

Collegamento alla struttura esistente

Accessibilità delle aree e spazi di cantiere

Impianto d'iniezione (dosatura, miscelazione, stoccaggio, iniezione)

Impatto ambientale : rumori/smaltimento detriti di perforazione ed acque reflue dell'impianto d'iniezione, etc.

Tempi esecutivi

Controlli sull'impianto d'iniezione

Controlli sui materiali strutturali

Controlli sulle miscele d'iniezione

Controlli sulle modalità d'iniezione

Prove di carico preliminari "di progetto"

Prove di collaudo e tesatura definitiva ai carichi di progetto

## TIRANTI DI ANCORAGGIO PROGETTO - CONTROLLI IN CORSO D'OPERA - COLLAUDO E MONITORAGGI

N.B. Dopo la progettazione geotecnica e strutturale dell'opera tirantata

### PROGETTO

Prove preliminari  
"di progetto"  
(obbligatorie ?)



Nessuna  
prescrizione sul  
numero e le  
modalità di prova

Fa parte integrante  
del progetto la  
regolamentazione  
delle modalità  
esecutive :

- perforazione
- posa in opera
- iniezione
- tesatura

### CONTROLLI IN CORSO D'OPERA

1. Impianto d'iniezione (adeguatezza alle prescrizioni di progetto)
2. Controlli sull'armatura
3. Controlli sulle modalità di deposito e movimentazione del tirante
4. Controlli sulle miscele d'iniezione
5. Controlli sulle modalità d'iniezione

### COLLAUDO E MONITORAGGI

1. Prove di carico preliminari
2. Collaudo di tesatura non distruttivo sul 100% dei tiranti
3. Eventuali prove di carico speciali, non distruttive.
4. Tesatura al carico di progetto (eventualmente in più fasi)
5. Monitoraggio permanente dei tiranti (eventuale ?)

ESEMPIO DI SPECIFICHE TECNICHE  
PER TIRANTI DI ANCORAGGIO

INDICE

1	PRINCIPIO E SCHEMA DEL TIRANTE	Pag.	3
2	CLASSIFICAZIONE DEI TIRANTI DI PROGETTO	"	4
3	CARATTERISTICHE DELLA BARRA D'ARMATURA E PORTATE AMMISSIBILI	"	6
4	ASSEMBLAGGIO DEL TIRANTE - MODALITA' DI DEPOSITO E TRASPORTO	"	7
5	MODALITA' ESECUTIVE	"	7
	5.1 Fasi esecutive	"	9
	5.2 Perforazione	"	11
	5.3 Iniezione	"	12
	5.3.1 Impianto di miscelazione e stoccaggio	"	13
	5.3.2 Impianto d'iniezione	"	14
	5.3.3 Formazione della guaina	"	16
	5.3.4 Iniezione in pressione del bulbo	"	16
	5.3.5 Riempimento finale della parte libera	"	17
6	COLLAUDO E TESATURA DEI TIRANTI	"	18
	6.1 Attrezzatura di tesatura e misura degli allungamenti	"	18
	6.2 Test di collaudo	"	19
	6.3 Tesatura dei tiranti	"	20
7	TIRANTI PRELIMINARI DI PROVA	"	21
	7.1 Scopo delle prove	"	21
	7.2 Numero e caratteristiche dei tiranti preliminari - Modalità generali di prova	"	23
	7.3 Ubicazione delle prove – Dispositivo di prova	"	27
	7.4 Modalità di esecuzione delle prove	"	30

## MODALITA' D'INIEZIONE : LA CENTRALE ED I CONTROLLI SULLE MISCELE

Centrale  
d'iniezione



miscelazione  
+  
stoccaggio  
+  
iniezione

*Dosaggio a peso dei componenti solidi, a volume di quelli liquidi*

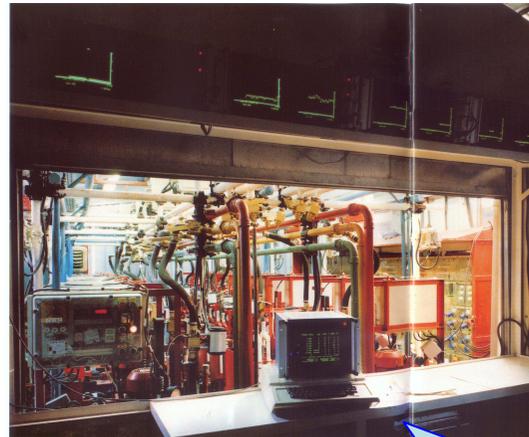
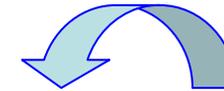
*Miscelatore primario ad alta turbolenza*

*Agitatore a bassa turbolenza*

*Iniettori oleodinamici a pistoni*

*La centrale d'iniezione controlla e registra i seguenti dati:*

- *numero tirante iniettato*
- *volume iniettato per la formazione della guaina*
- *numero e quota della valvola iniettata*
- *pressione di "rottura" della valvola*
- *volume della miscela iniettata*
- *pressione residua*



Controlli sulle  
miscele

*Viscosimetro Marsh*

- *3 controlli/turno*

*Peso specifico*

- *3 controlli/turno*

*Prova di essudazione*

- *2 controlli/turno*

*Prove di resistenza a rottura*

- *1 provino/giorno*

**... evoluzione  
della specie ...**

**MODALITA' D'INIEZIONE : FORMAZIONE DELLA GUAINA E DEL BULBO DEL TIRANTE**

**Iniezione di guaina**

*in risalita dalla valvola di fondo, sino all'affioramento da bocca foro*

*Nessun limite alle quantità né alla velocità d'iniezione*

MISCELA PER MICROPALI E TIRANTI ( rapporto a/c =0.5 in peso)			
	COMPOSIZIONE MISCELA		
	in peso (kg)	in volume (litri)	kg per m <sup>3</sup> di miscela
acqua	50	50,00	596
cemento	100	33,33	1192
espansivo	1,5	0,56	18
<b>TOTALE</b>	<b>151,5</b>	<b>83,89</b>	

**Iniezione in pressione del bulbo**

*iniezione di 1<sup>a</sup> fase: sino al raggiungimento di (in alternativa)*

- assorbimento totale di 40 lt/valvola
- pressione residua di 20 atm.

*iniezione di 2<sup>a</sup> fase: sino al raggiungimento di (in alternativa)*

- assorbimento totale di 120 lt/valvola
- pressione residua di 20 atm.

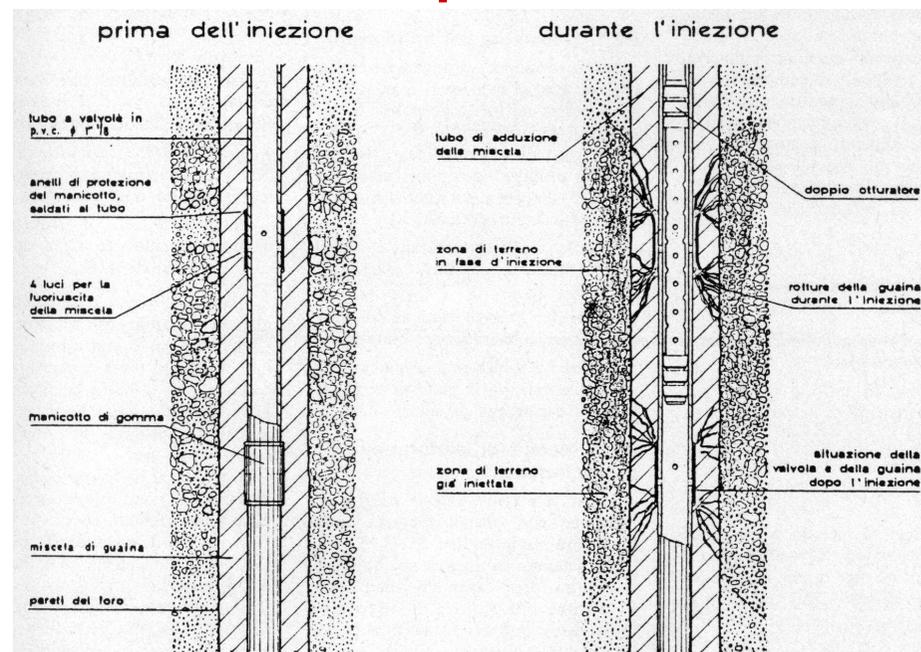
*Valori indicativi*

*Per rottura della guaina:  
p<sub>max</sub> = 70 atm*

*Controllo combinato dei volumi e delle pressioni d'iniezione.*

*Anche la velocità d'iniezione incide sul buon esito del lavoro, ma di norma la sua regolazione viene affidata all'Impresa.*

*Con i tradizionali iniettori orizzontali a due pistoni dovrebbe essere ~ ≤ 0.6 mc/h (per singolo iniettore)*



**FAC-SIMILE DI MODULO D'INIEZIONE DI UN TIRANTE**

**IMPRESA :** \_\_\_\_\_ **MODULO D'INIEZIONE TIRANTI A TREFOLI**

**CANTIERE :** \_\_\_\_\_ **TIRANTE n°** \_\_\_\_\_

**CARATTERISTICHE TIRANTE**

armatura : n° \_\_\_\_ trefoli c.a.p. Ø 6/10" a 7 fili

tipologia : TIRANTE A PROTEZIONE TOTALE

lunghezza (m) : totale \_\_\_\_\_ parte libera \_\_\_\_\_ bulbo: \_\_\_\_\_

perforazione Ø \_\_\_\_\_ : data \_\_\_\_\_

	DATA	COMPOSIZIONE MISCELA			VOLUMI INIETTATI (litri)
		Cemento (kg)	Acqua	Additivi (kg/t)	
Iniezione di guaina		100	50	≈ 1	
Iniezione bulbo 1 <sup>a</sup> fase		"	"	"	
Iniezione bulbo 2 <sup>a</sup> fase (eventuale)		"	"	"	
volume totale d'iniezione					

POSIZIONE VALVOLA	INIEZIONE BULBO 1 <sup>a</sup> FASE		INIEZIONE BULBO 2 <sup>a</sup> FASE		NOTE
	Volume litri	Pressione bar	Volume litri	Pressione bar	
(a partire dal fondo)					
<b>3</b>					
<b>2</b>					
<b>1</b>					

FIRMA E TIMBRO DELL' IMPRESA

VISTO DELLA DIREZIONE LAVORI

## INIEZIONI NEI TERRENI : TIPOLOGIE ESECUTIVE E CAMPI DI APPLICAZIONE

a) iniezione per "permeazione" : la miscela riempie i vuoti intergranulari senza indurre significative variazioni volumetriche e nella struttura del terreno.

- alluvioni da grossolane a medio-fini
- tubi valvolati + doppio pistoncino

b) iniezione per "inglobamento" (claquage) : il terreno viene frammentato per idofratturazione, ottenendo un effetto di compattazione con la formazione di sottili lenti di miscela iniettata.

- limi ed argille
- tubi valvolati + doppio pistoncino

c) iniezione per "compattazione o spostamento" : una miscela molto densa viene iniettata in modo da agire come un martinetto idraulico radiale, spostando e compattando il terreno e creando una serie di bulbi.

- tiranti e micropali in ogni tipo di terreno
- tubi valvolati + doppio pistoncino

d) jet grouting : il terreno viene miscelato in sito con miscele leganti iniettate ad altissima pressione (da 20 a 60 Mpa), facendo ruotare in estrazione (in risalita da fondo foro) appositi dispositivi d'iniezione (monitor) inseriti nelle aste di perforazione.

- dalle alluvioni grossolane alle sabbie limose – (talora limi sabbiosi)
- pompa ad altissima pressione + ugelli speciali

MISCELA PER MICROPALI E TIRANTI ( rapporto a/c =0.5 in peso)			
COMPOSIZIONE MISCELA			
	in peso (kg)	in volume (litri)	kg per m <sup>3</sup> di miscela
acqua	50	50,00	596
cemento	100	33,33	1192
espansivo	1,5	0,56	18
TOTALE	151,5	83,89	

Solo indicativa

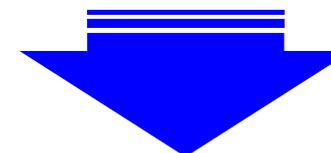
MISCELA PER TRATTAMENTI D'INIEZIONE ( rapporto a/c =1.0 in peso)			
COMPOSIZIONE MISCELA			
	in peso (kg)	in volume (litri)	kg per m <sup>3</sup> di miscela
acqua	100	100,00	742
cemento	100	33,33	742
bentonite	4	1,48	30
TOTALE	204	134,81	

## QUALCHE CONSIDERAZIONE SUI CRITERI DI CONTABILIZZAZIONE DELLE INIEZIONI A BASE DI MISCELE CEMENTIZIE

Incidono sul costo dell'iniezione:

1. il costo dei prodotti
2. il costo della mano d'opera
3. il nolo dei macchinari ed i relativi consumi

- Il tempo necessario ad iniettare un mc di miscela è pressoché indipendente dalla sua composizione
- La voce 1) dipende invece esclusivamente dalla composizione della miscela



L'iniezione delle miscele cementizie viene generalmente compensata in base al consumo in peso di cemento (quintale di prodotto secco), più raramente in base ai volumi iniettati : è evidente che in entrambi i casi, per un equo compenso, deve essere specificata la composizione della miscela.

Considerazioni più specifiche devono essere fatte quando l'iniezione viene pagata a metro cubo di terreno trattato (o roccia trattata) : in tal caso infatti oltre alla composizione della miscela devono essere specificati, tramite opportuni parametri, i risultati che il trattamento deve garantire.



## LA "GERARCHIA DELLE RESISTENZE" NEL PROGETTO DEI TIRANTI

..... o dovremmo forse dire " la gerarchia della superficialità " ?.....

"..... ut quid perditio haec ? ..... " Mt 26,8

.... dalle Profezie di Cagliostro ....

*Anno 2008 - Gennaio*

*Nelle già feraci terre che furono della Serenissima Repubblica, ed in quelle dove un tempo governavano con saggezza e benevolenza gli Asburgo d'Austria, i Lorena, i Borbone-Parma, gli Este, il Papa, i Borboni di Napoli e delle Due Sicilie, da più Patrie ricche di arte e storia ad unico Stato tirannico ridotte ed immiserite, ecco che un diabolico legislatore, potente nelle arti occulte e forte dell'invasivo apparato statale, sfogherà il suo odio su tutti i progettisti di tiranti lanciando su di essi la sua definitiva maledizione:*

**LA GERARCHIA DELLE RESISTENZE TRA BULBO ED ARMATURA.**

*Ma se almeno pochi indomiti e "puri di cuore" sapranno resistere, dopo alcuni secoli la maledizione cesserà.*

*Chi vivrà vedrà.*

*Conte Cagliostro*

LA "MALEDIZIONE DELLA GERARCHIA DELLE RESISTENZE" NEI TIRANTI DI ANCORAGGIO /2

NTC 2008 – Cap. 6 – Par. 6.6.2 Verifiche di resistenza SLU (tiranti di ancoraggio)

..... Omissis .....

*Nei tiranti il cui tratto libero è realizzato con trefoli di acciaio armonico, nel rispetto della gerarchia delle resistenze, si deve verificare che la resistenza caratteristica al limite di snervamento del tratto libero sia sempre maggiore della resistenza a sfilamento della fondazione dell'ancoraggio .*

**POSIZIONE DEL CASO DI STUDIO:**

- ❑ Si debba progettare un tirante con armatura a trefoli in grado di resistere ad un'azione di progetto  
Ed = 1220 kN
- ❑ Il carico limite del bulbo sarà determinato mediante l'esecuzione di prove di carico "di progetto" su 2 tiranti preliminari

VERIFICHE STRUTTURALI

TREFOLO C.A.P. Ø 6/10"

- ❑ resistenza caratteristica di rottura :  $R_{ak} \approx 260 \text{ kN}$
- ❑ resistenza caratteristica all'1% di deformazione :  $R_{ak(1\%)} \approx 234 \text{ kN}$
- ❑  $R_{ad} = N_{SLU} = R_{ak(1\%)} / 1.15 \approx 234 \text{ kN} / 1.15 \approx 203 \text{ kN}$

TIRANTE A 6 TREFOLI

- ❑  $R_{ak(1\%)} \approx 6 \times 234 \text{ kN} \approx 1400 \text{ kN}$       è la resistenza caratteristica dell'armatura all'1%
- ❑  $R_{ad} = N_{SLU} \approx 6 \times 203 \text{ kN} \approx 1220 \text{ kN}$       è la resistenza di progetto dell'armatura



Pertanto ai fini della resistenza strutturale sarebbe sufficiente un'armatura con 6 trefoli c.a.p. 6/10"

LA "MALEDIZIONE DELLA GERARCHIA DELLE RESISTENZE" NEI TIRANTI DI ANCORAGGIO /2

RESISTENZA DI PROGETTO DEL BULBO " $R_{ad(bulbo)}$ " DA PROVE PRELIMINARI (capacità portante)

$$R_{ak(bulbo)} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{a,m})_{medio}}{\xi_{a1}}, \frac{(R_{a,m})_{min}}{\xi_{a2}} \right\}$$

con :

$R_{ak(bulbo)}$  : resistenza caratteristica del bulbo

$R_{a,m}$  : resistenze misurate

$\xi_{a,1} = 1.4$  per  $n = 2$

$\xi_{a,2} = 1.3$  n = numero tiranti di prova

$\gamma_{Ra,p} = 1.2$  (tiranti definitivi)

secondo NTC 2008

$$R_{ad(bulbo)} = R_{ak(bulbo)} / \gamma_{Ra,p} \geq E_d$$

$$\Rightarrow (R_{a,m})_{medio} \geq \xi_{a,1} \gamma_{Ra,p} E_d = 1.4 \times 1.2 E_d = 1.68 E_d \quad (1)$$

$$\text{se } (R_{a,m})_{medio} / \xi_{a,1} < (R_{a,m})_{min} / \xi_{a,2}$$

$$\Rightarrow (R_{a,m})_{min} \geq \xi_{a,2} \gamma_{Ra,p} E_d = 1.3 \times 1.2 E_d = 1.56 E_d \quad (2)$$

$$\text{se } (R_{a,m})_{medio} / \xi_{a,1} > (R_{a,m})_{min} / \xi_{a,2}$$

SUPPONIAMO CHE IL CARICO LIMITE DETERMINATO DALLE PROVE DI PROGETTO SIA IL MINIMO VALORE COMPATIBILE CON  $E_d$

dalle prove

$$\text{Sia } E_d = R_{ad(bulbo)} = 1220 \text{ kN} \text{ e valga la (1)} \Rightarrow (R_{a,m})_{medio} \geq 1.68 E_d = 1.68 \times 1220 \text{ kN} \approx 2050 \text{ kN}$$

per la gerarchia delle resistenze deve essere :  $R_{ak(1\%)} > R_{am(medio)} = 2050 \text{ kN}$

e quindi occorre un'armatura con :  $2050 \text{ kN} / 234 \text{ kN} = 8.8$  trefoli  $\Rightarrow$  9 trefoli (anzichè 6)

MA **PARADOSSALMENTE**, SE LE PROVE DI CARICO PRELIMINARI AVESSERO DATO ESITI MIGLIORI, AD ESEMPIO :

$$(R_{a,m})_{medio} = 3000 \text{ kN} \quad (\text{per cui } R_{ad(bulbo)} = 3000/1.68 = 1785 \text{ kN} \approx 1.49 E_d)$$

per la gerarchia delle resistenze sarebbe necessaria un'armatura con  $3000 \text{ kN} / 234 \text{ kN} = 12.8 \Rightarrow$  13 trefoli (anzichè 6)

Non resta allora che sperare che le prove vadano il meno bene possibile

## ASPETTI CONTRATTUALI DI UN TIRANTE

### Fasi esecutive di un tirante

1. Fornitura a piè d'opera del tirante
2. Perforazione
3. Iniezione
4. Test di collaudo e tesatura



5. Sigillatura protettiva della testata

Tra la fase 1. e la fase 5. possono passare alcuni mesi :  
quando posso e/o devo contabilizzare

?

## UN CORRETTO APPROCCIO ALLA PROGETTAZIONE DEI TIRANTI SULLA BASE DALL'ESPERIENZA PERSONALE (1971-2012)

### Tiranti progettati

numero :	7.735
lunghezza complessiva :	140.369 m
portata complessiva :	366.830 tonnellate

- tiranti tesati personalmente: ~ 80% di 7.735 ~ 6.188 tiranti
- n° di tiranti che si tesano in 1 giorno lavorativo: ~ 5 h x 3 tir/h ~ 15 tiranti/giorno



- 6.188 tiranti / (15 tiranti/giorno) ~ 413 giorni lavorativi
- per prove di carico preliminari ~ 30 giorni lavorativi  
~ 443 giorni lavorativi (620 giorni solari)



**LA PROGETTAZIONE DI OPERE TIRANTATE  
IMPONE UNA ASSIDUA PRESENZA IN CANTIERE**

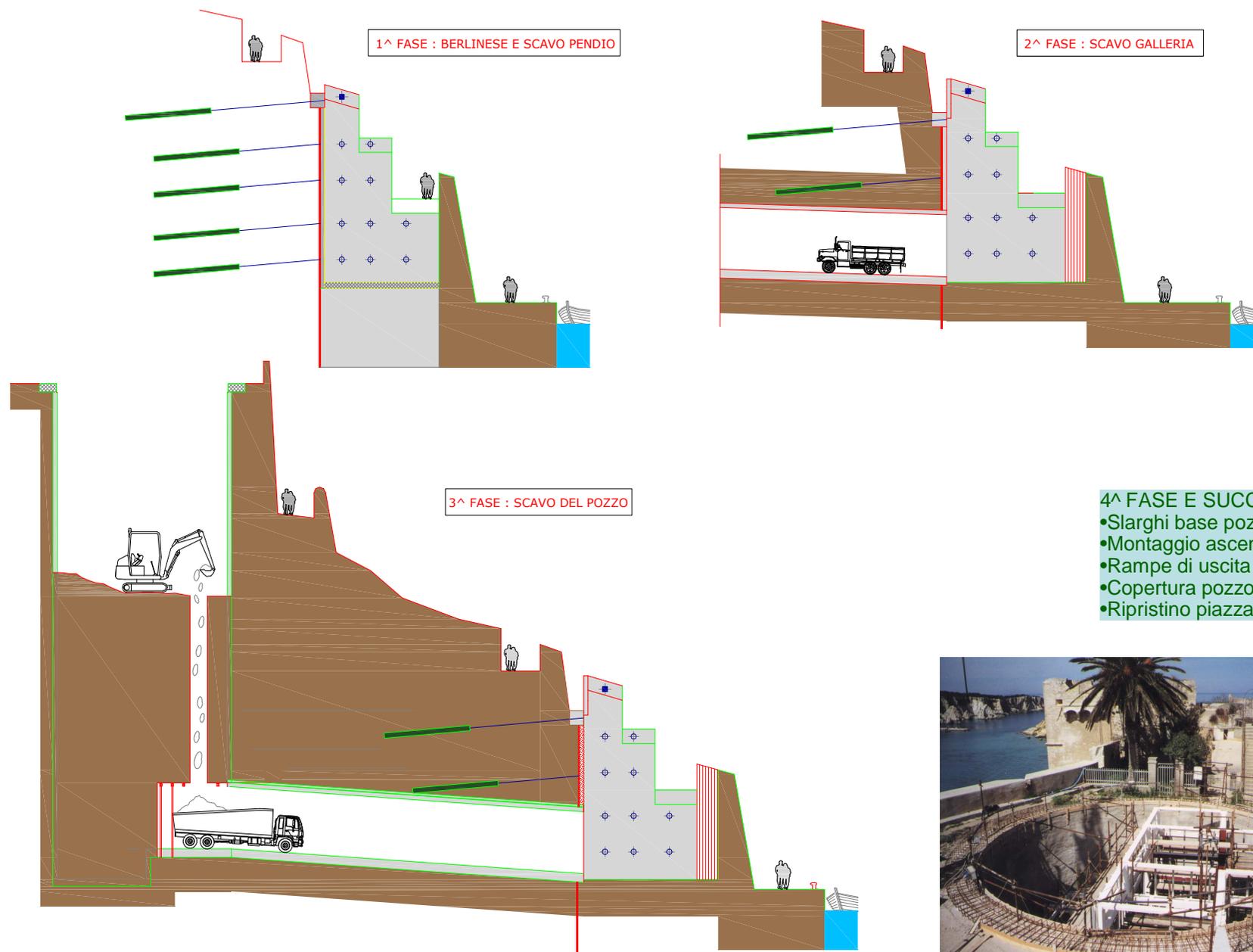


*Vista generale dell'isola di S. Nicola a Tremiti con l'Abbazia Fortificata.  
Si può osservare come la galleria ed il pozzo ascensori restino completamente schermati.  
La palma che si vede in alto fa da riferimento per il collegamento con la foto sottostante.*

*Un esempio di interventi complessi con utilizzo delle fondazioni speciali*



*La sommità del pozzo prima del montaggio degli ascensori e della realizzazione della copertura che ripristina la fruibilità della piazza.*





Vista generale dell'isola di S. Nicola a Tremeti con l'Abbazia fortificata. Si può osservare come la galleria ed il pozzo ascensori restino completamente schermati. La palma che si vede in alto fa da riferimento per il collegamento con la foto sottostante.

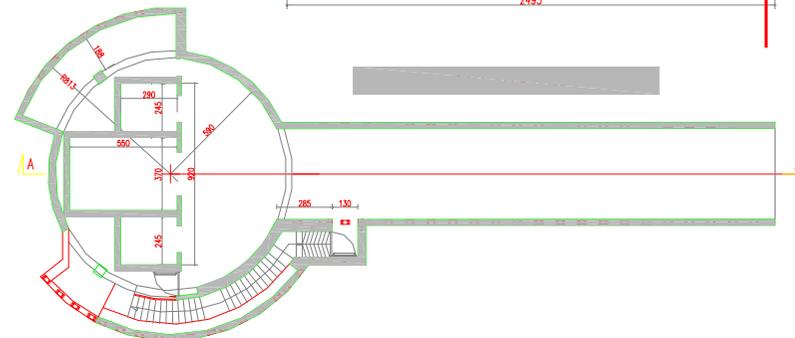
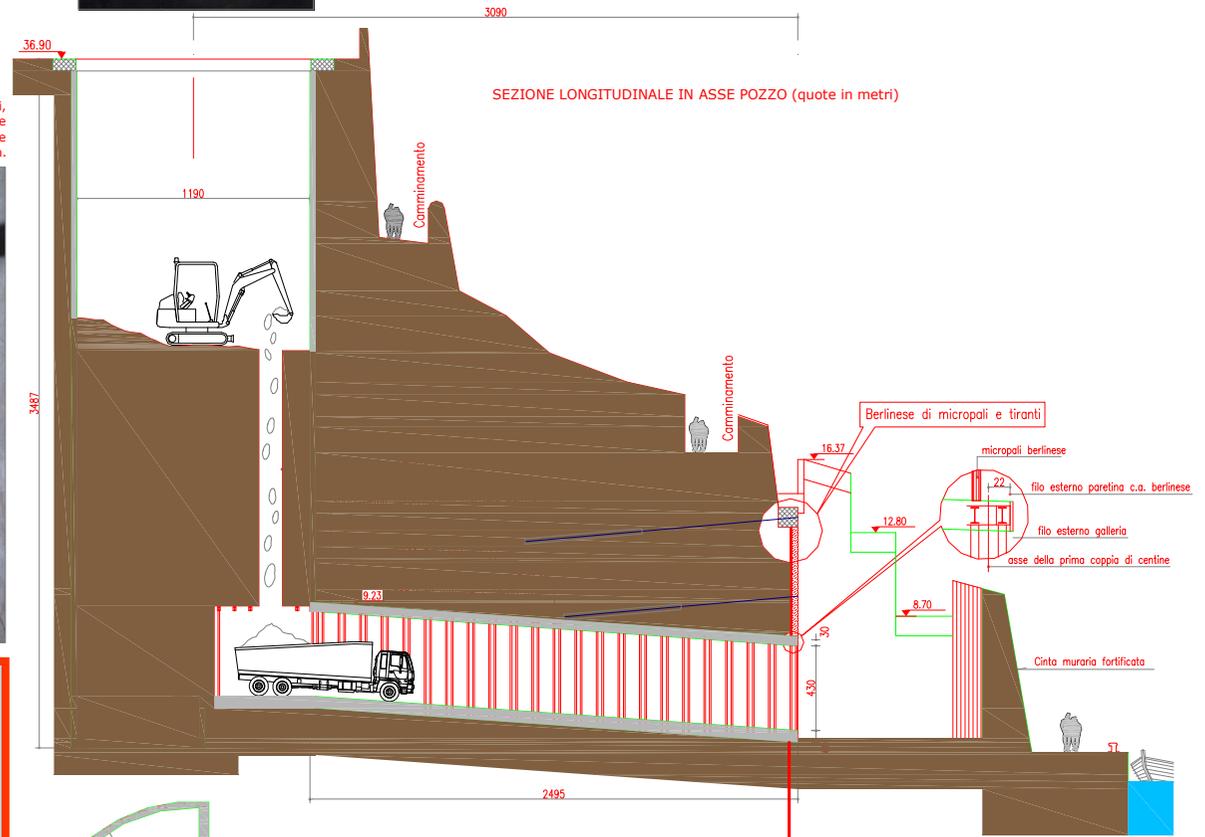


La sommità del pozzo ascensori, prima del montaggio degli stessi e prima della copertura definitiva che ripristina la fruibilità della piazza.

*Non è opportuno utilizzare modelli di calcolo inutilmente sofisticati (e costosi), se sono disponibili approcci più semplici ed egualmente affidabili in termini di risultato finale.*

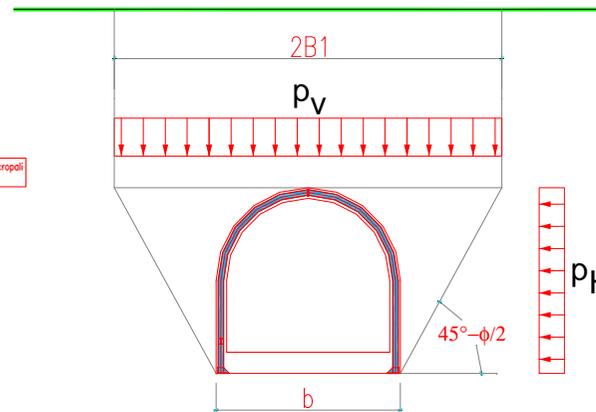
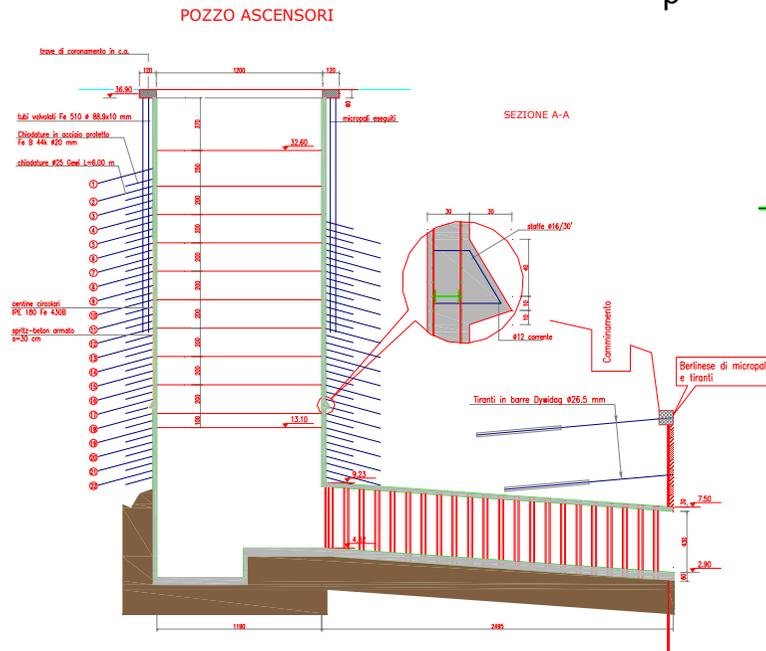
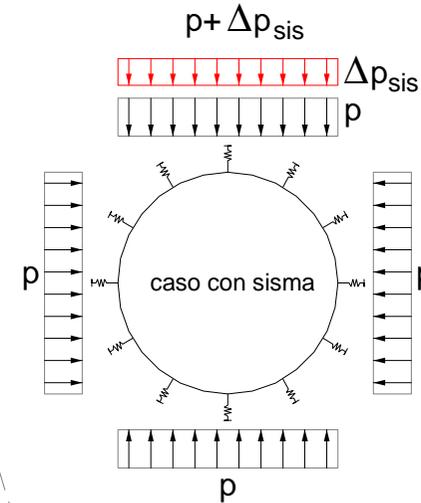
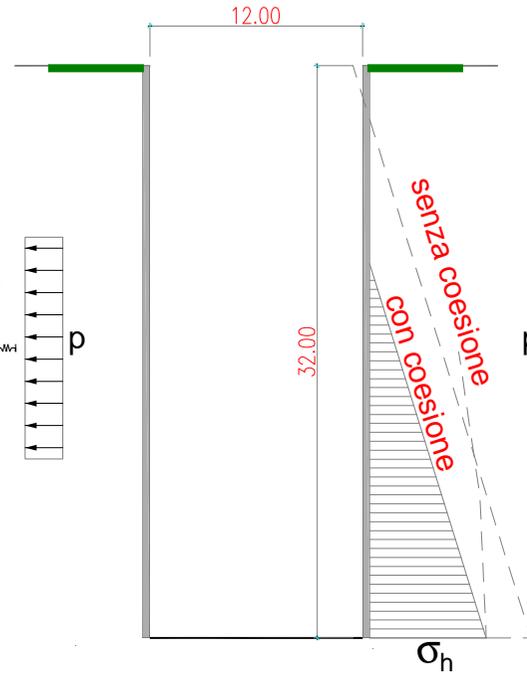
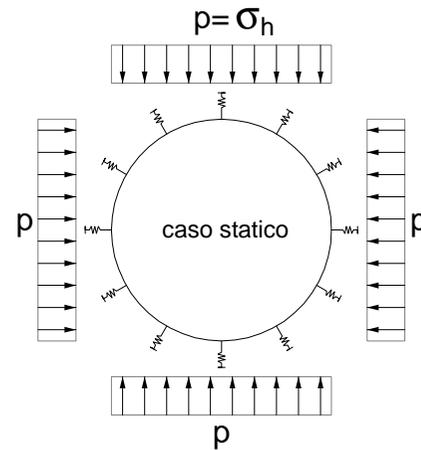


GALLERIA DI ACCESSO E POZZO ASCENSORI



**CONSOLIDAMENTO ISOLA DI S. NICOLA  
A TREMITI - Pozzo ascensori e galleria di  
accesso – Impresa RODIO/Garrasi 1995-98**

**POZZO ASCENSORI :  
SCHEMA DI CALCOLO**



**GALLERIA : SCHEMA DI CALCOLO**

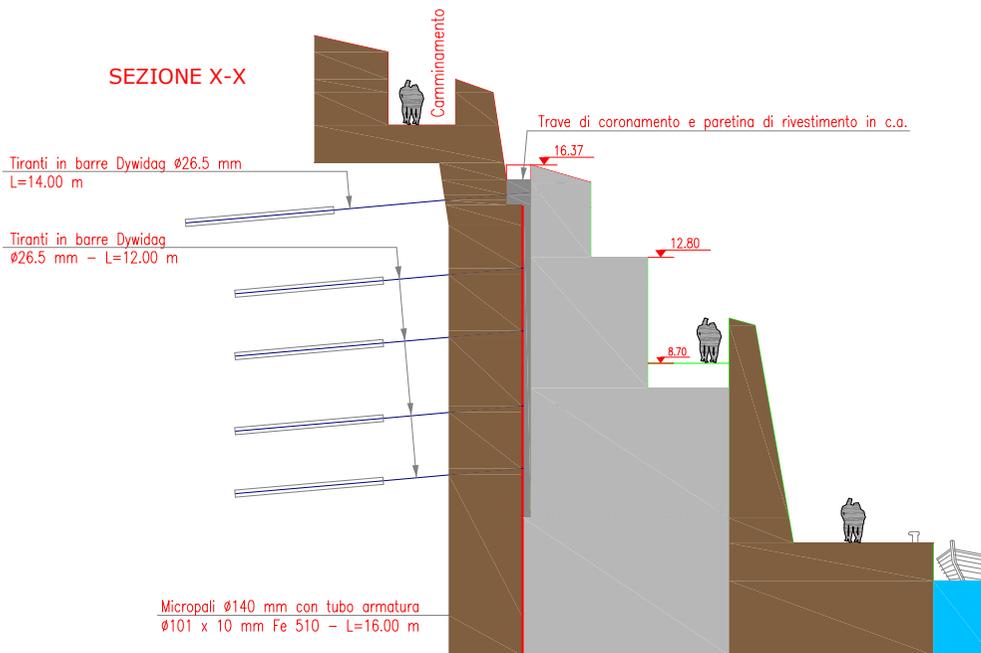
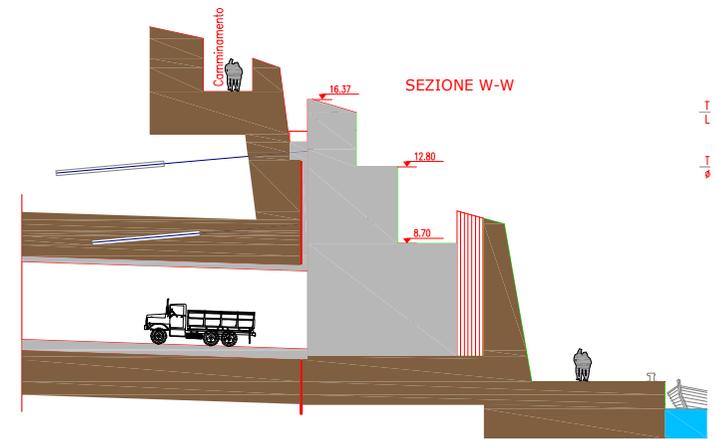
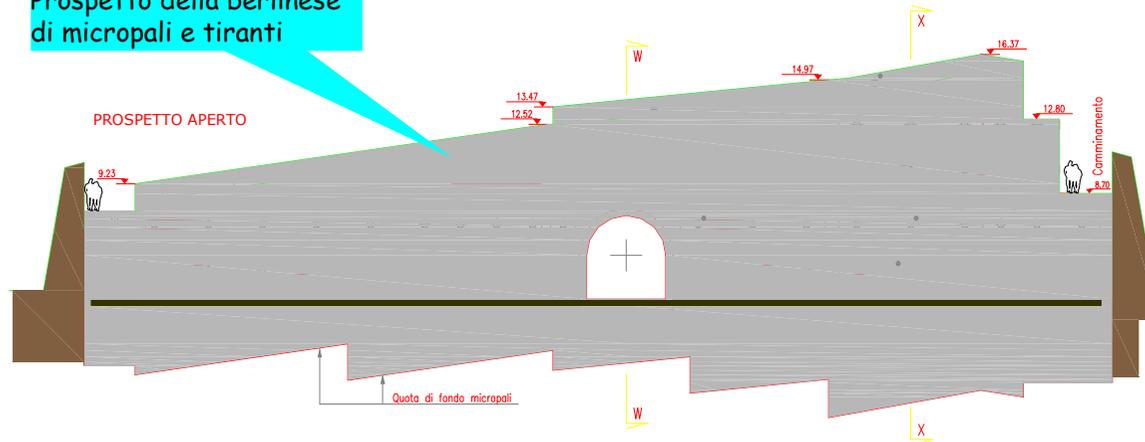
$$2B_1 = b + 2h \operatorname{tg}(45^\circ - \phi/2)$$

$$p_v = \frac{B_1(\gamma - c/B_1)}{k \operatorname{tg} \phi} \left(1 - e^{-k \frac{H}{B_1} \operatorname{tg} \phi}\right)$$

$$p_H \approx \frac{1}{3} p_v$$



Prospetto della berlinese di micropali e tiranti







La struttura di copertura del pozzo realizzata in travi REP (travi miste acciaio-calcestruzzo) sulla quale verrà poi ripristinata la pavimentazione della piazza.



L'uscita delle due rampe pedonali, ben inserita nel contesto architettonico.



Le rampe di uscita dei trattori, prima delle opere di completamento architettonico.

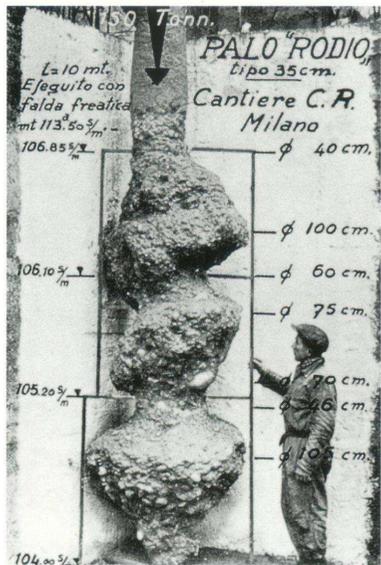
MISCELLANEA DI FOTO

Un'immagine del pozzo ascensori a scavi ultimati. Il rivestimento sia provvisorio che definitivo delle pareti è stato realizzato mediante getto di spritz beton fibrorinforzato, a seguito di un accurato mix-design che garantisce il dovuto grado di finitura della superficie esterna.



Il portone di ingresso dal molo del porticciolo al pozzo ascensori, visto dalla galleria.





# PALI

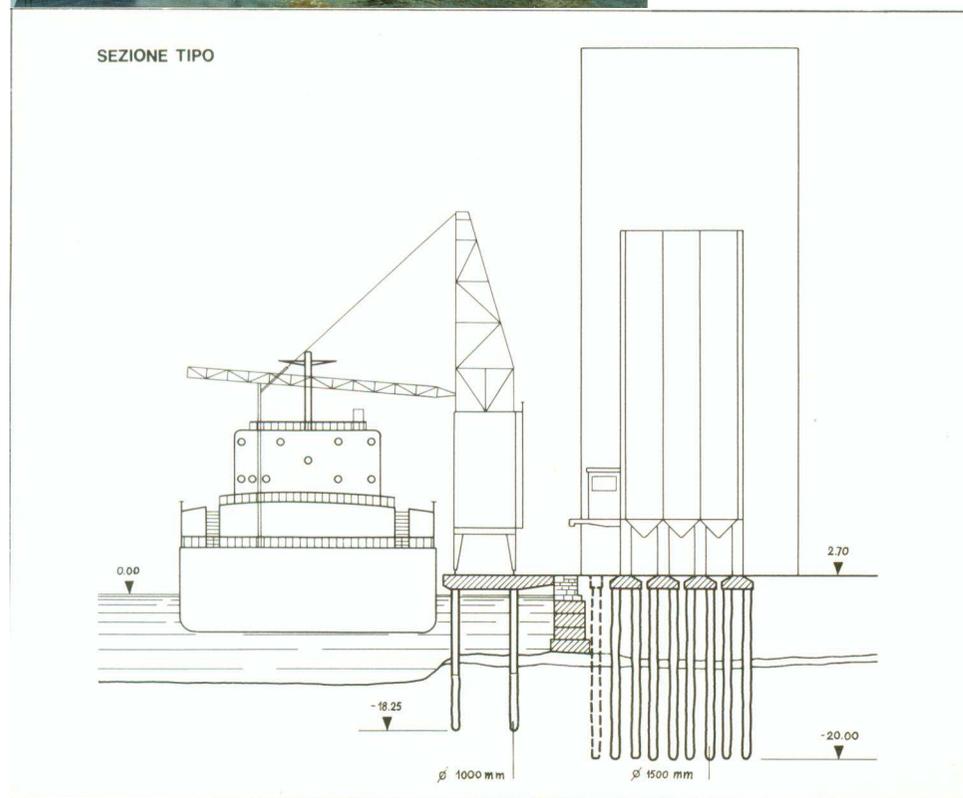


## PALI COME OPERE DI FONDAZIONE E DI SOSTEGNO

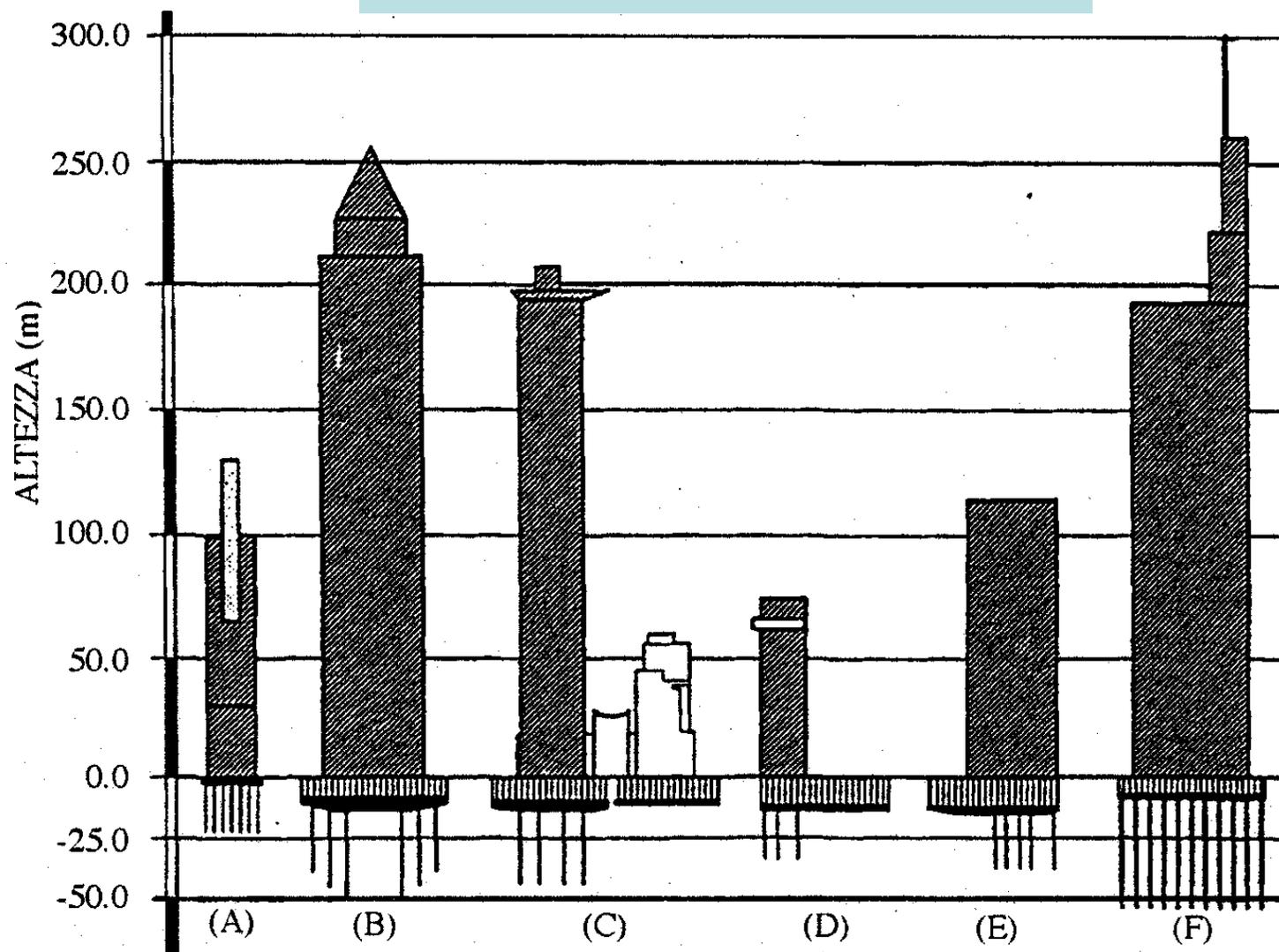


Porto di Genova – Banchina Parodi e nuovi silos cereali  
Impresa RODIO – 1961-64

Teatro Carlo Felice - Genova  
Impresa RODIO – 1987-88



PALI COME RIDUTTORI DI CEDIMENTO



Legenda:

(A): Torhaus

(B): Messeturm

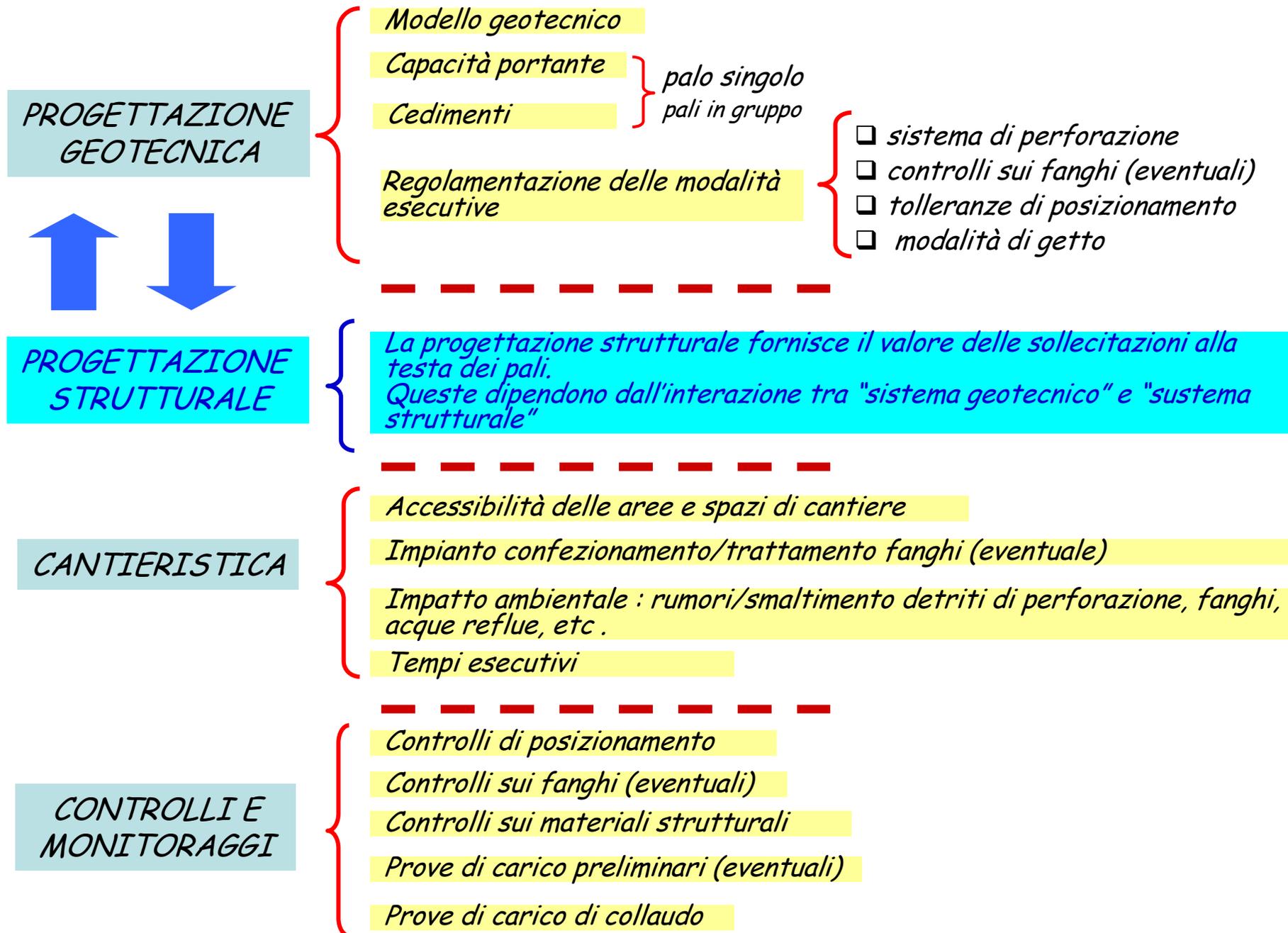
(C): Westendstr. 1

(D): American Express

(E): Japan Center

(F): Commerz Bank

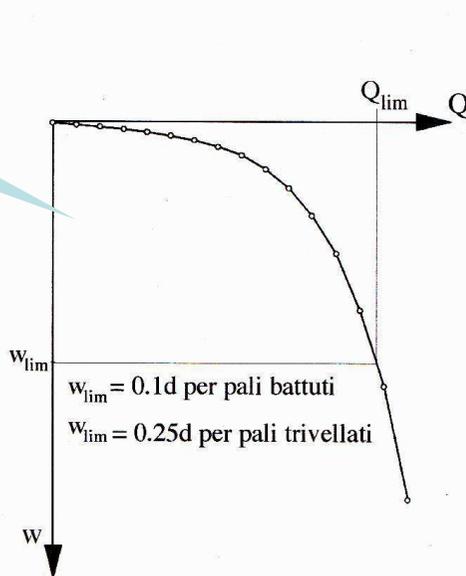
IL PROCESSO DI PROGETTAZIONE DI UNA FONDAZIONE SU PALI



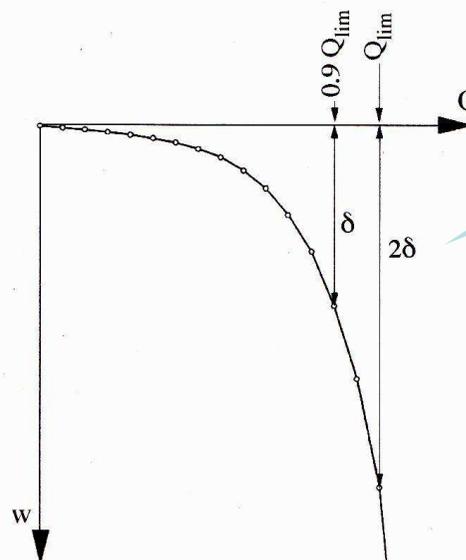
**DEFINIZIONE "CONVENZIONALE" DEL CARICO LIMITE DA PROVE SPERIMENTALI**  
(non è necessario che il palo sia strumentato)

A) Criterio della limitazione del cedimento

questo metodo associa il "carico limite" ad un "cedimento limite" che generalmente è un frattile del diametro del palo



B) In base alla non linearità della curva carico-cedimento



Metodo di interpolazione iperbolica di CHIN (1970)

Se con la sperimentazione non si raggiunge  $w_{lim}$  e quindi  $Q_{lim}$ , il metodo può essere usato per estrapolare la curva sperimentale

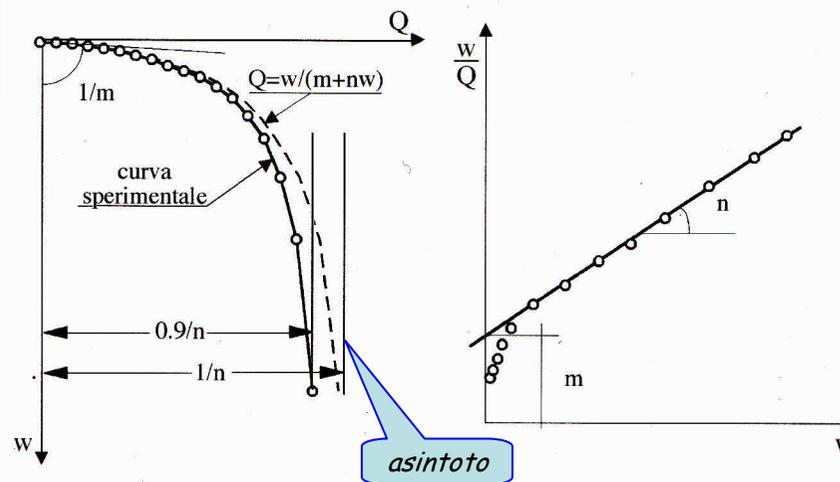
$$Q = \frac{w}{m + n w} \Rightarrow \frac{w}{Q} = m + n w \quad Q_{lim} = \lim_{w \rightarrow \infty} \frac{w}{m + n w} = \frac{1}{n}$$

**DEFINIZIONE DI  $Q_{lim}$**

asintotico :  $Q_{lim} = \frac{0.9}{n}$

criterio A) :  $Q_{lim} = \frac{w_{lim}}{m + n w_{lim}}$

criterio B) :  $Q_{lim} = \frac{0.889}{n}$

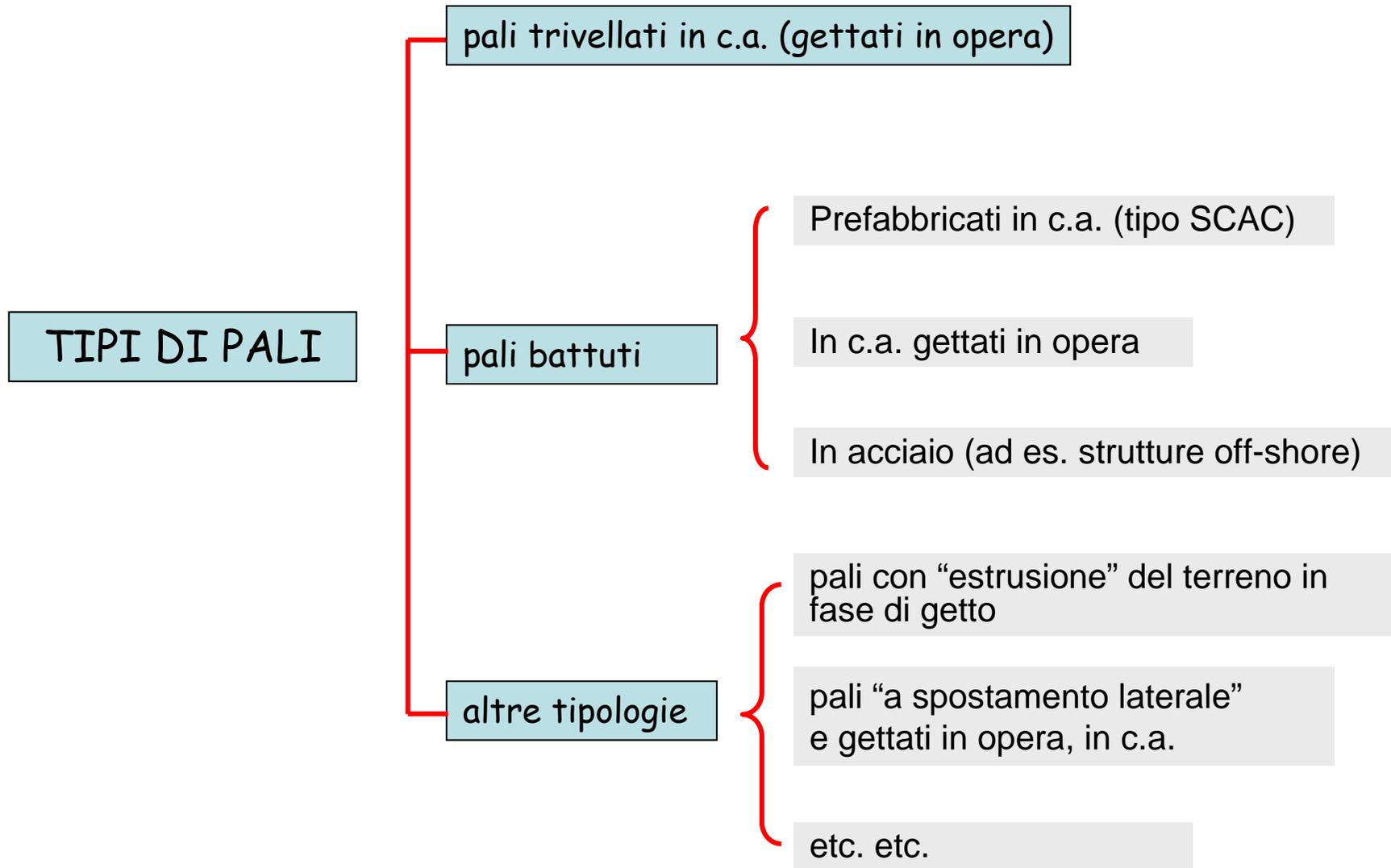


## LE PROVE DI CARICO SUI PALI ovvero un impegnativo cimento per la deontologia dell'ingegnere

1. Le prove di carico possono avere costi molto elevati, specie per l'approntamento del dispositivo di contrasto.
2. Di norma, i CSA pongono l'onere delle prove a carico dell'impresa, senza prevedere alcun compenso.
3. In caso di lavori in cui l'importo dei pali è molto elevato, l'onere delle prove può ragionevolmente essere incluso nel prezzo offerto.
4. Se però si tratta di pochi pali (si pensi ad un viadotto monoluce) il costo delle prove ha un'incidenza eccessiva.
5. Che fare ?



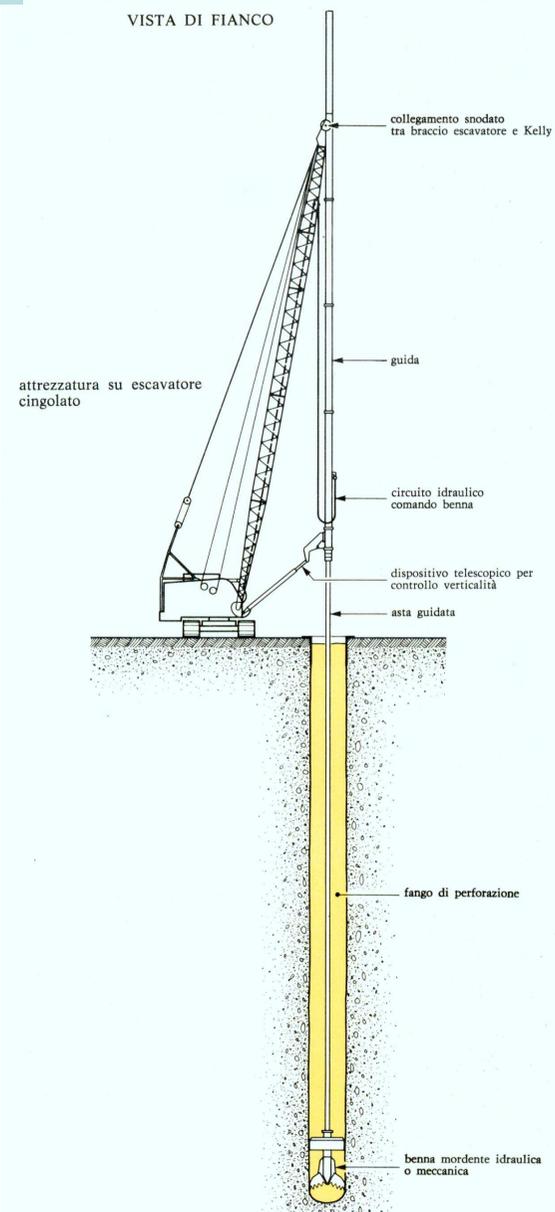
*.....senza dimenticare le incertezze di NTC  
sul controllo di integrità dei pali  
(con annesso rischio economico per l'Impresa) .....*



## PALI : LE TECNOLOGIE - PERFORAZIONE SENZA ROTAZIONE CON BENNA E KELLY- CON O SENZA FANGO

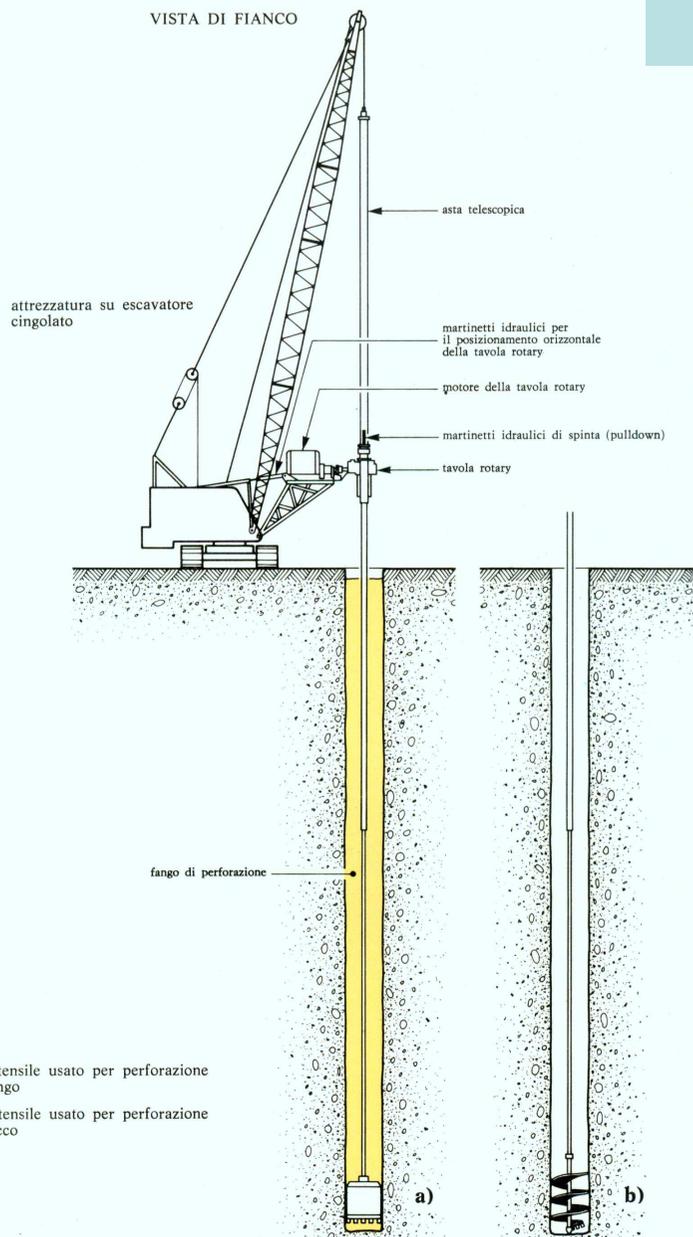


### ATTREZZATURA DI PERFORAZIONE PALI CON BENNA SU ASTA GUIDATA (tipo Kelly)



ATTREZZATURA DI PERFORAZIONE PALI  
« A ROTAZIONE »

VISTA DI FIANCO

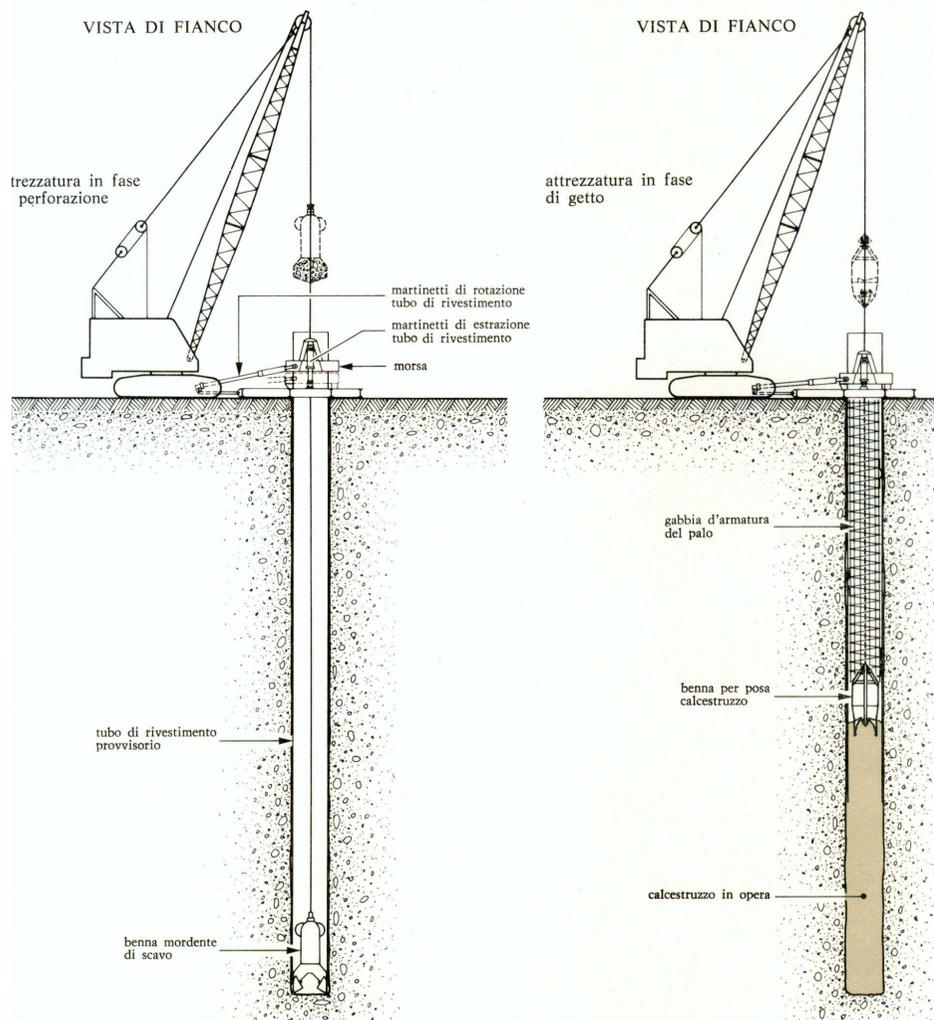


- a) utensile usato per perforazione a fango
- b) utensile usato per perforazione a secco

PALI : LE TECNOLOGIE – PERFORAZIONE A ROTAZIONE  
CON “TAVOLA ROTARY” ED ASTA TELESCOPICA.  
CON O SENZA FANGO



**ATTREZZATURA PER PALI TUBATI**  
Escavatore con muovicolonna



PALI : LE TECNOLOGIE.  
PALI TUBATI CON  
GIRACOLONNE E  
SCAVO CON BENNA

