



Tecniche di iniezione

Tecniche di iniezione

Per il miglioramento delle
caratteristiche del terreno
(soil improvement)

Le applicazioni nello scavo di:
gallerie metropolitane

Problemi specifici delle gallerie metropolitane

- Copertura scarsa
- Vincoli esterni
- Pericoli di danni a terzi



**Necessità di metodi e/o di opere
di slvanguardia adeguati**



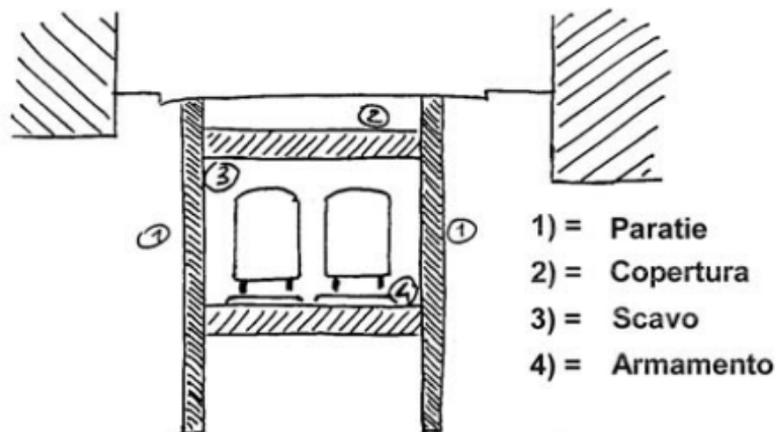
L'impresa specializzata:

Soluzioni progettuali / esecutive:

- 1) Se:
- La profondità è modesta
 - i vincoli esterni possono essere rimossi
 - Il tracciato segue strade sufficientemente larghe.

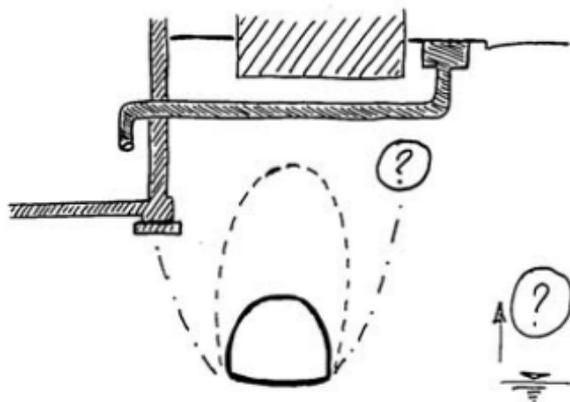
Allora metodo "MILANO"

(1ª linea MM) = due paratie laterali in C.A.,
copertura, scavo interno, armamento -



- 2) Se: La profondità è maggiore,
oppure vi sono vincoli esterni non rimovibili

Allora "Galleria a foro cieco"



Vantaggi:

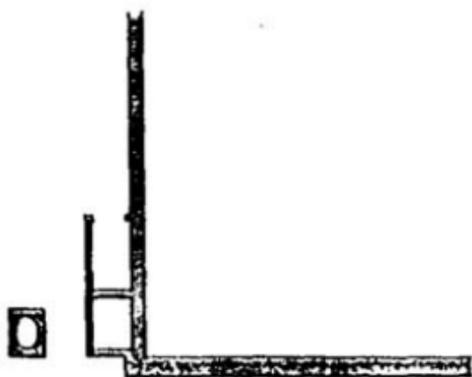
- Nessuna interferenza con la superficie
- Limitazione della zona di influenza dello scavo in termini di deformazione e di decompressione del terreno. (effetto arco).

Svantaggi:

- Maggiori costi di realizzazione
- Organizzazione del cantiere.

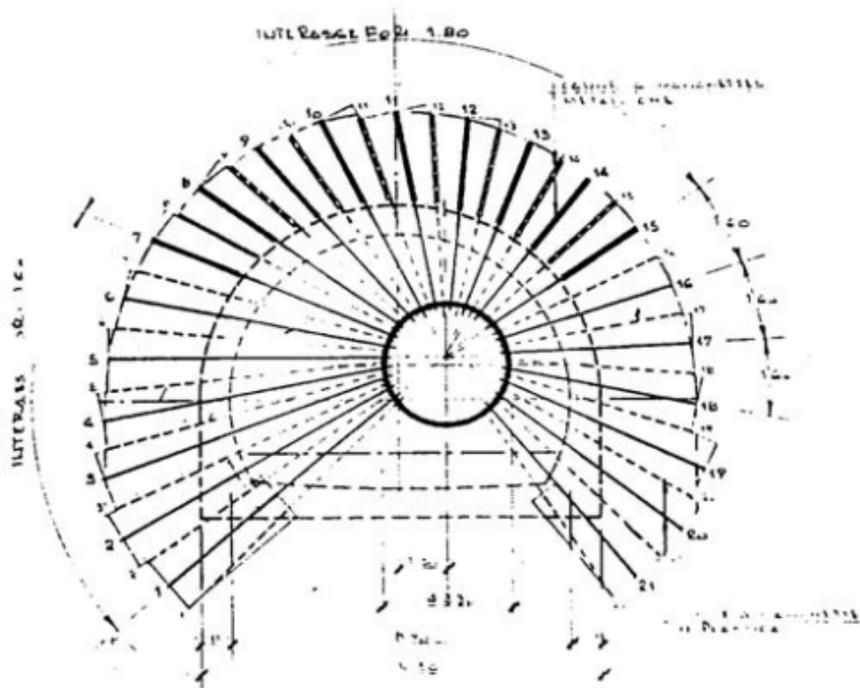
Incertezze:

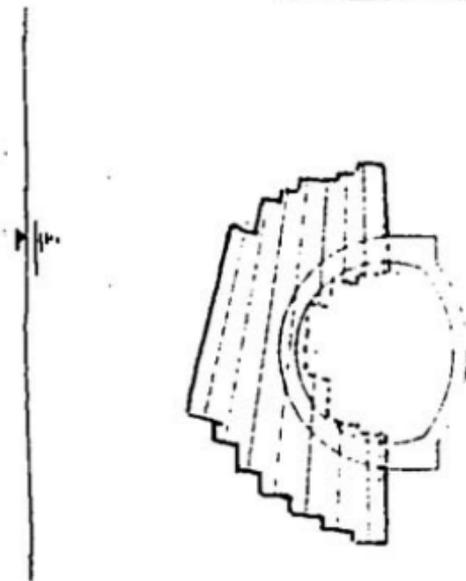
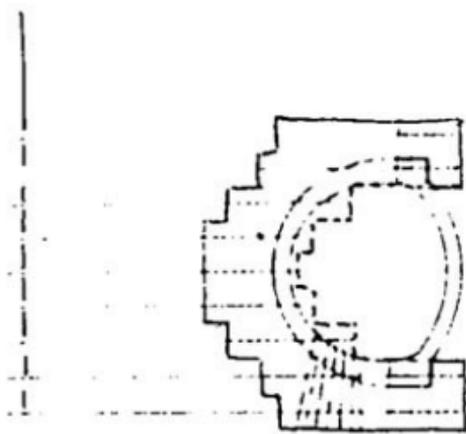
- Caratteristiche del terreno scadenti (arco di carico)
- Falda acquifera.

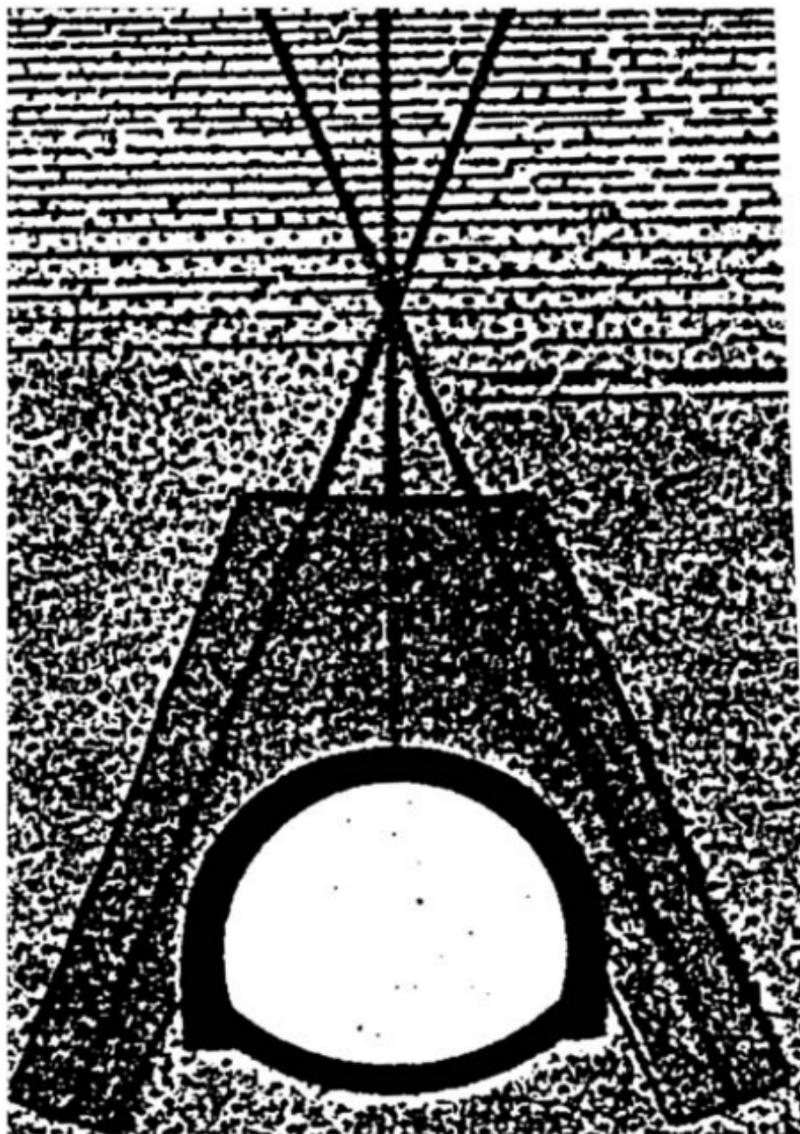


ARCO DI PORTA ROMANA

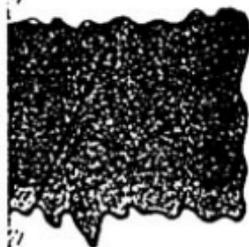
SEZIONE TIPO







PERMEAZIONE



CLAQUAGE
(compattazione)



JET GROUTING
(rodinjet)

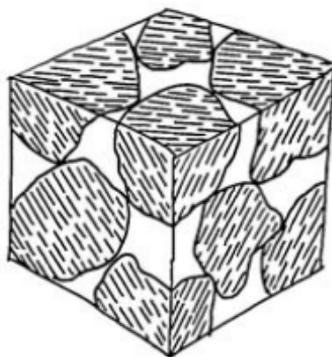


Perchè occorre Pre-consolidare?

- Per confrire al terreno la coesione necessaria ai fini del sostentamento dello scavo
- Per impermeabilizzare il terreno.
- Per ridurre i cedimenti in superficie a valori tollerabili.

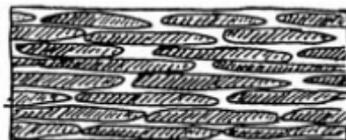
Come consolidare?

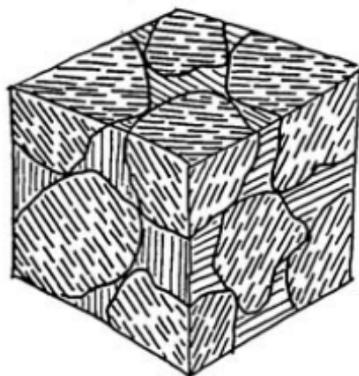
- Saturando con dei "leganti" i vuoti del terreno.



Terreno di granulometria grossolana (es. ghiaia)

Terreno granulometricamente fine (es. limo)





← Maggiore permeabilità
= possibilità di usare
prodotti viscosi.

Minore permeabilità
= necessità di usare
prodotti molto fluidi.



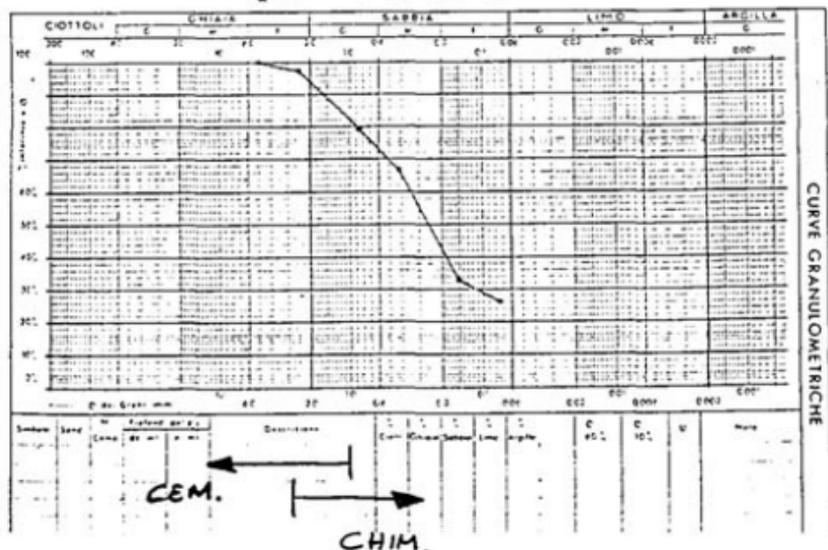
Quali leganti utilizzare?

- Sospensioni cementizie per i terreni più permeabili.
- Soluzioni chimiche non inquinanti per terreni meno permeabili e per completare la saturazione nel caso precedente.

Classificazione dei terreni in base alla granulometria

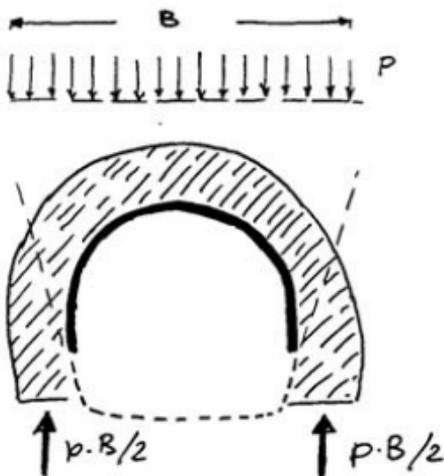
N° setaccio	Apertura (mm)	Peso del setaccio (g)	Setaccio + terreno (g)	Peso terreno trattenuto (g)	Percentuale terreno trattenuto %	Percentuale progressiva trattenuta %	Percentuale di terreno più fine %
4	4,76	521,5	521,5	0	0	0	100
8	2,38	390,0	402,5	12,5	2,5	2,5	97,5
20	0,84	367,7	458,2	90,5	18,10	20,6	79,4
40	0,42	367,0	427,7	60,7	12,14	32,74	67,26
100	0,149	428,0	598,5	170,5	34,10	66,84	33,16
200	0,074	300,4	336	35,6	7,12	73,96	26,04
fondo	-	335,9	466,1	130,2	26,04	100,00	--
				500			

A
B
C
D
E
F

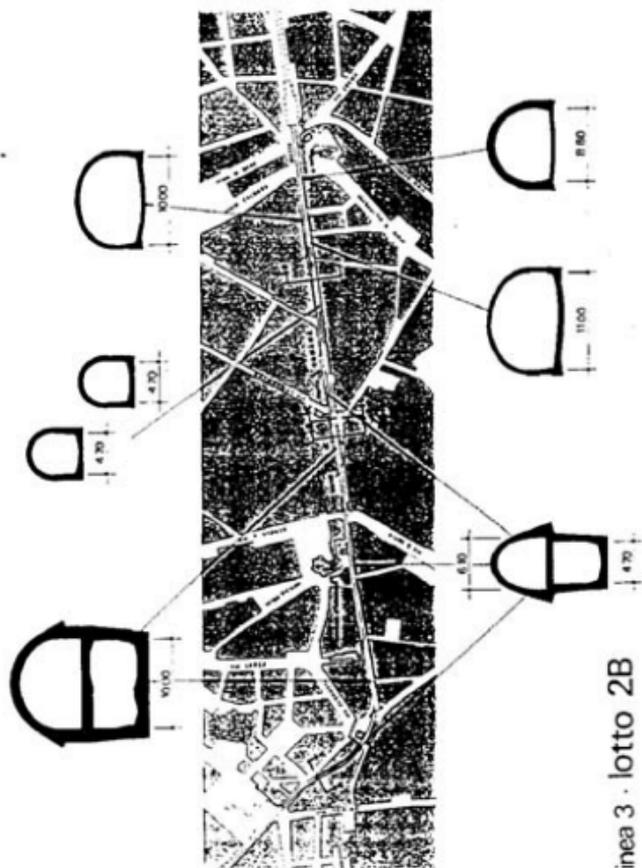


La geometria ottimale del trattamento di iniezioni:

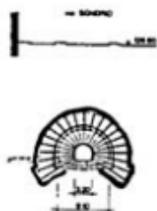
- Deve realizzare un arco di scarico



- Deve avere uno spessore opportuno
- Non deve avere punti deboli o di discontinuità
- Deve essere compatibile con la geometria delle sezioni da scavare e con i vincoli non rimovibili.



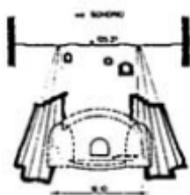
linea 3 - lotto 2B



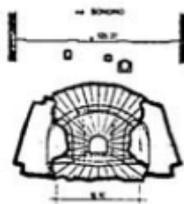
Linea 3 - Lotto 7 - Sezione E-E
 Trattamento da conchilo della galleria di linea da Via COPERNICO a Via RESTELLI



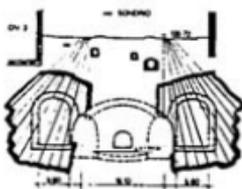
Linea 3 - Lotto 7 - Sezione A-A
 Trattamento dell'alto della galleria di linea da 9,10 m nel tratto da Viale RESTELLI a Via MARTIGNONI



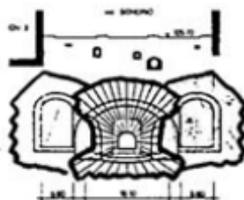
Linea 3 - Lotto 7 - Sezione C-C
 STAZIONE SONDRIO - Galleria di stazione da 15,10 m
 Trattamento dell'alto dei piedritti



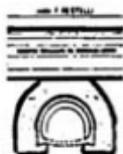
Linea 3 - Lotto 7 - Sezione C-C
 STAZIONE SONDRIO - Galleria di stazione da 15,10 m
 Completamento del trattamento da conchilo



Linea 3 - Lotto 7 - Sezione D-D
 STAZIONE SONDRIO - Galleria da 15,10 m con gallerie laterali di accesso - Trattamento dell'alto

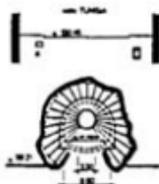


Linea 3 - Lotto 7 - Sezione D-D
 STAZIONE SONDRIO - Galleria da 15,10 m con gallerie laterali di accesso.
 Completamento del trattamento da conchilo



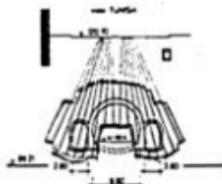
Linea 3 - Lotto 7 - Sezione B-B

Trattamento di consolidamento per consentire il sottopasso del manufatto ferroviario del raccordo GARIBOLDI-GRECO



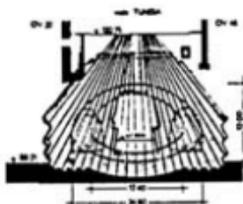
Possante Ferroviario - Lotto 1PB - Sezione C-C

Galleria di linea da 8.80 m - Trattamento da cunicolo



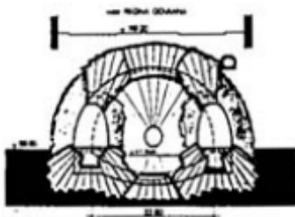
Possante Ferroviario - Lotto 1PB - Sezione B-B

Trattamento dall'alto per consentire lo scavo del manufatto speciale (uscita sicurezza) della fermata "REPUBBLICA"



Possante Ferroviario - Lotto 1PB - Sezione A-A

Trattamento dall'alto per consentire lo scavo della galleria di stazione della fermata "REPUBBLICA" in corrispondenza del grattacielo di Piazza REPUBBLICA/Via TUNISIA



Possante Ferroviario - Lotto 2PB - Sezione B-B

Fermata "PORTA VENEZIA"

GALLERIA DI STAZIONE - Trattamento da cunicolo per consentire lo scavo della galleria di pedrizzo

Come scegliere la miscela di iniezione più idonea?

- Indagini geognostiche
(sondaggi, prelievo di campioni)
- Prove di laboratorio geotecnico
(analisi granulometrica)
(studio reologico delle miscele).

**Pochi sondaggi sono sufficienti per progettare
molti km di gallerie?**



Controlli sistematici in corso d'opera



Indagine PA. PE. RO.

PArametri PErforazione ROdio

$$E = S * x + C * n$$

$$(FL) \quad n = 2 \pi \omega t$$

$$\frac{E}{x} = S + C * 2 \pi \omega t / x$$

$$(F) \quad x/t = v$$

$$E = e * V$$

$$V = x * A$$

$$e * A = S + C * \frac{2 \pi \omega}{V}$$

$$(F)$$

$$e = \frac{S + \frac{2 \pi \omega t * C}{v * A}}{A}$$

$$(F/L^2)$$

e = energia specifica di perforazione [kJ/m³]

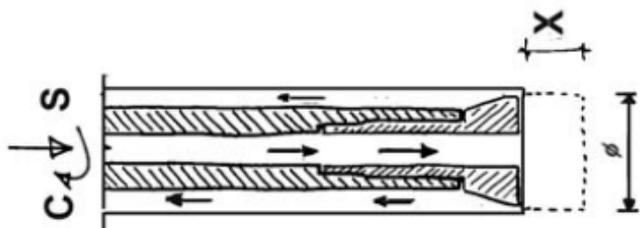
S = pull down [kN]

C = Coppia [kN * m]

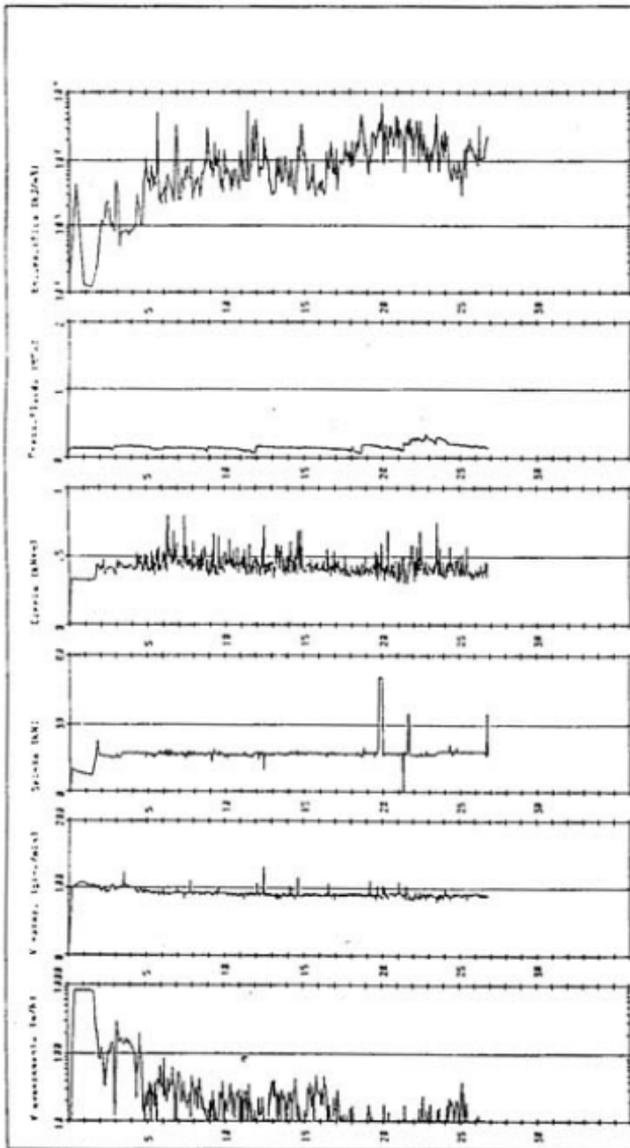
ω = velocità di rotazione [giri/ min.]

V = velocità di avanzamento [m/ min.]

p = pressione fluido [M Pa]



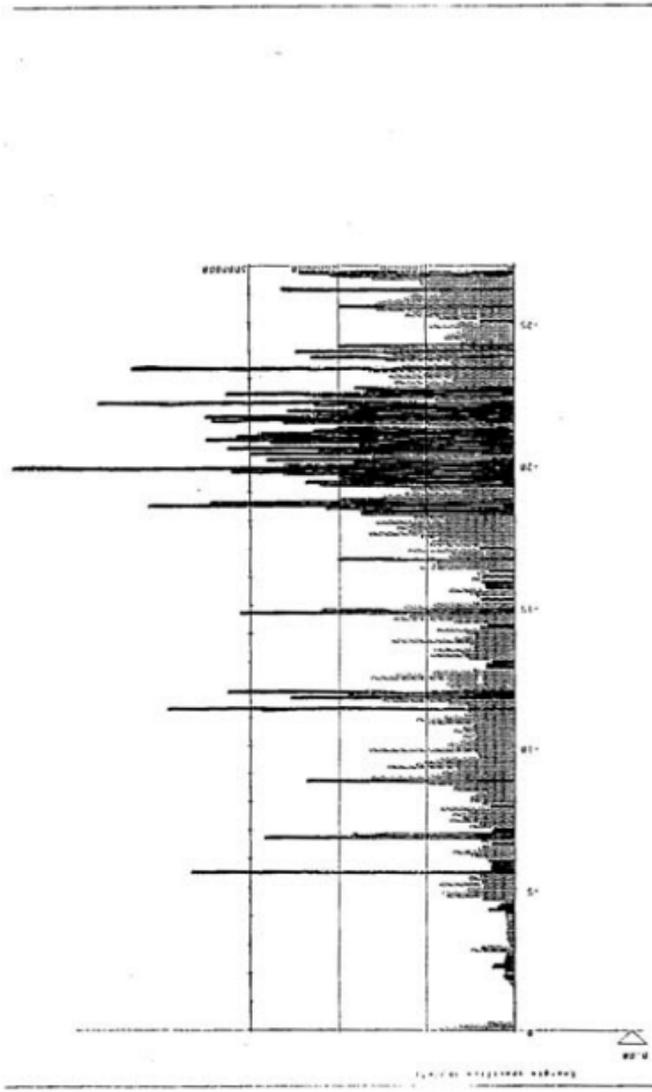
$$A = \pi \phi^2 / 4$$



PR. PE. RO. - Parametri Perforazione Radia
 SONDRA - SR-22
 UTENSILE - INIEZIONE 185 mm
 DIAMETRO ESTER. 89 mm
 INCLINAZIONE 60° - 9° CREDI
 FLUIDO DI PERFORAZIONE - FENOXI METACRILICO

ING. G. RODIO S. C. S.p.A.

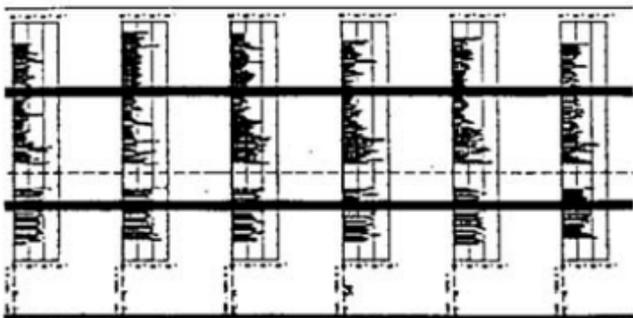
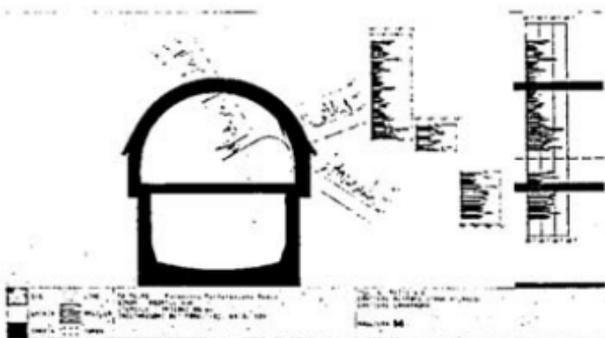
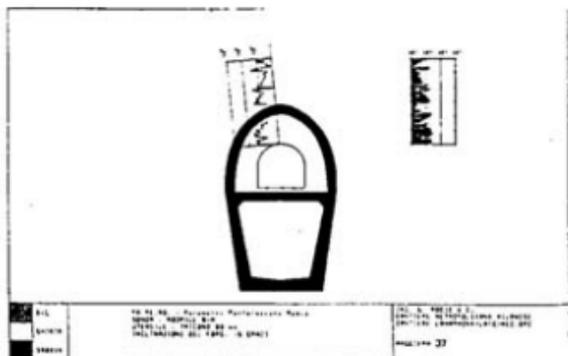
CENTRI: TORINO NOCC FERRIVIERA
 SEGGIORE N. 42 - 1302 N. 42
 DATA: 2/8/87



ING. G. RODIO & C. s.p.a.
 VIALE S. GIUSEPPE 1 - 00100 ROMA
 TEL. 06 - 478157

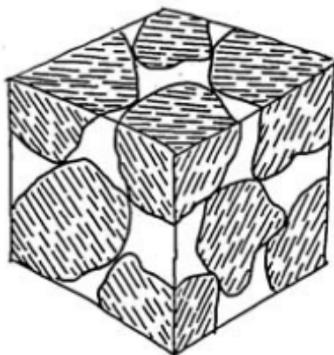
PROGETTO ESECUTIVO
 DIRETTORE GENERALE
 DIRETTORE TECNICO
 DIRETTORE AMMINISTRATIVO
 DIRETTORE COMMERCIALE
 DIRETTORE LEGALE
 DIRETTORE FINANZIARIO
 DIRETTORE PERS. E R.S.U.

PROGETTO
 DIRETTORE
 DIRETTORE
 DIRETTORE
 DIRETTORE
 DIRETTORE
 DIRETTORE



Come vanno definiti volumi e pressioni?

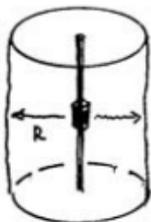
1) Volumi: porosità, raggio d'azione



$$\frac{\text{Volume totale} - \text{Volume dei grani}}{\text{Volume dei vuoti}}$$

Porosità:

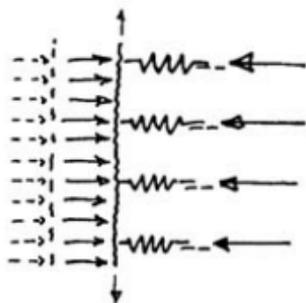
$$n = \frac{\text{Volume dei vuoti}}{\text{Volume totale}} * 100$$
$$= 20 \div 30 \%$$



Raggio d'azione

$$R = 0,8 \div 1 \text{ m}$$

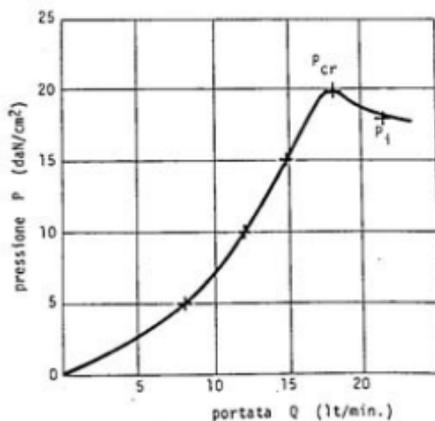
2) Pressioni (e portate)



Permeazione corretta



Claquage



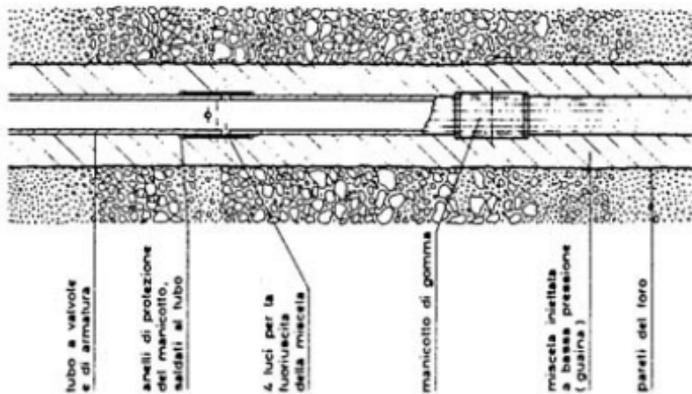
P_{cr} = pressione di claquage

$P_i = 0.9 P_{cr}$ = pressione limite d'iniezione

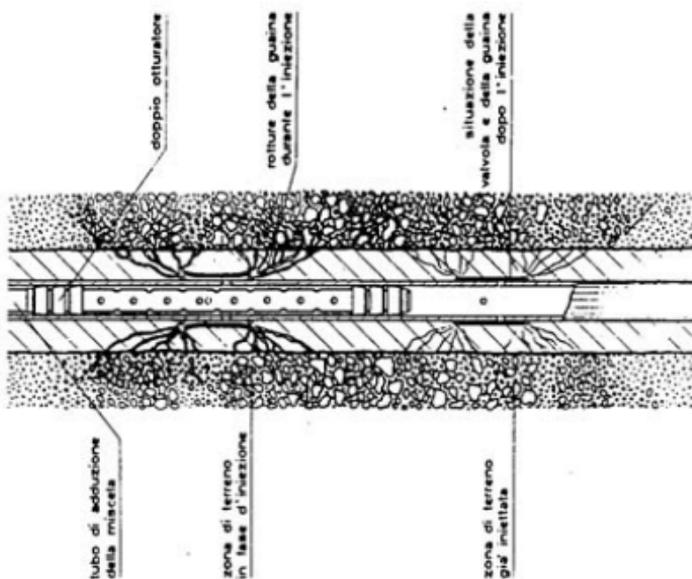
Figura 29 - Determinazione della soglia di claquage.

PARTICOLARE DI UN TUBO A VALVOLA PER IL TRATTAMENTO DEI TERRENI SCIOLTI STRATICATI

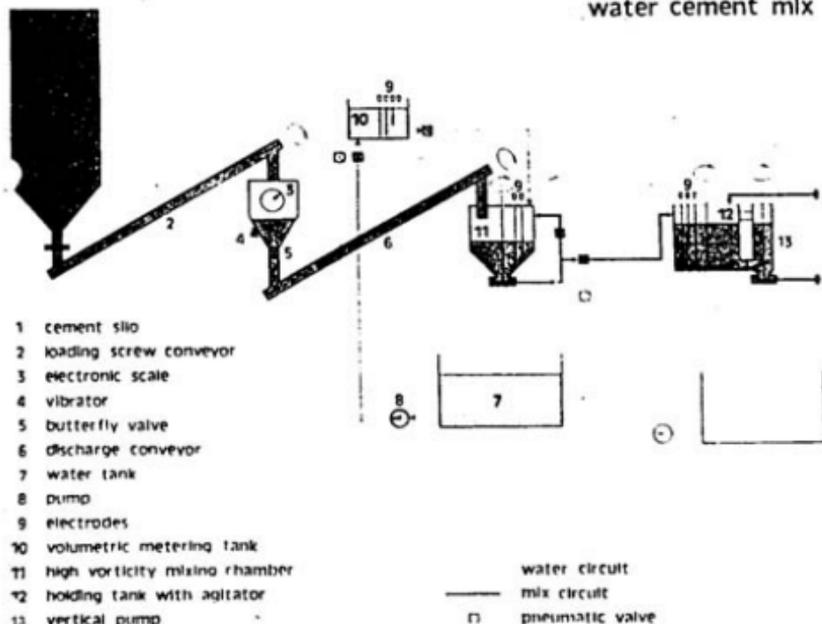
In opera nel terreno dopo l'iniezione a bassa pressione



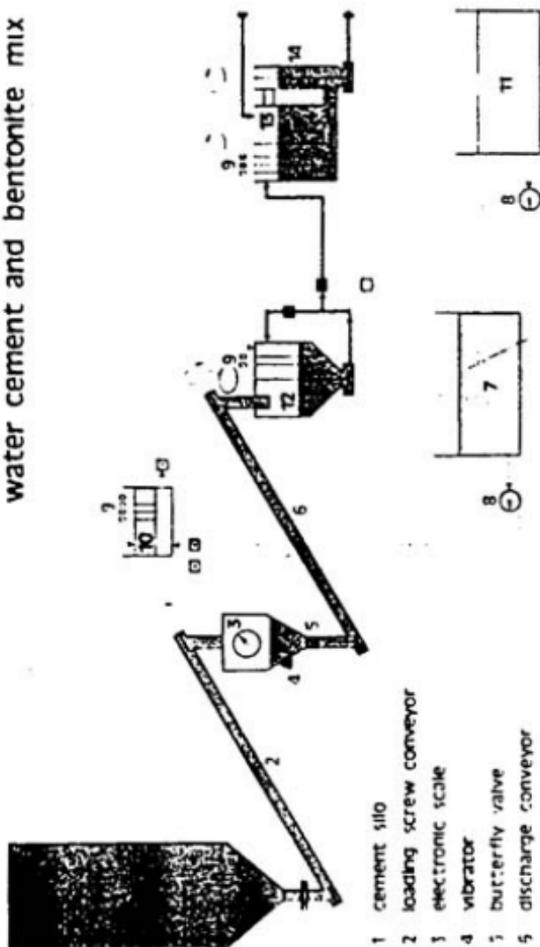
In fase d'iniezione ad alta pressione



schematic of mixing unit water cement mix



schematic of mixing unit water cement and bentonite mix



- 1 cement silo
- 2 loading screw conveyor
- 3 electronic scale
- 4 vibrator
- 5 butterfly valve
- 6 discharge conveyor
- 7 water tank
- 8 pump
- 9 electrodes
- 10 volumetric metering tank
- 11 bentonite slurry tank
- 12 high vorticity mixing chamber
- 13 holding tank with agitator
- 14 vertical pump

- water circuit
- mix circuit
- bentonite slurry circuit
- ⊖ ⊕ pneumatic valve

Controlli

1) Composizione della miscela

- peso specifico (1,5 t/m³ A/C = 1)
(1,3 t/m³ A/C = 2)
- Viscosità marsh (40- 50 sec.)
- Decantazione (4 - 5 %)
- tempo di presa

2) Modalità d'iniezione

- sezione x sezione
- valvola x valvola
- VOLUMI
- PRESSIONI
- PORTATE

Sistema PAGURO

Compiti specifici degli addetti alla centrale

- 1) Verificare con regolarità i dosatori dell'impianto**
- 2) Eseguire controlli periodici sulle caratteristiche della miscela**
- 3) Iniettare i volumi previsti per ogni singola fase, verificando che le pressioni non siano superiori ai valori prescritti**
- 4) Documentare sull'apposito modulo i volumi e le pressioni di iniezione di ciascuna valvola**
- 5) Mantenere efficiente l'impianto (lavaggio dei mescolatori, pulizia dei sensori, etc.)**

Compiti specifici degli addetti ai pistoncini

1) Stabilire l'ordine d'iniezione dei fori, partendo generalmente da quelli più esterni, in modo da:

- creare un contenimento per ridurre le dispersioni di miscela

- aumentare progressivamente lo stato di co-azione e quindi l'efficacia dell'intervento.

2) verificare cge la distanza minima tra i fori in fase d'iniezione sia non inferiore a 6 mm (comunicazione tra i fori)

3) verificare sempre la quota dei pistoncini

4) fare " sezione " secondo le istruzioni fornite dalla centrale

5) verificare l'efficienza dei pistoncini

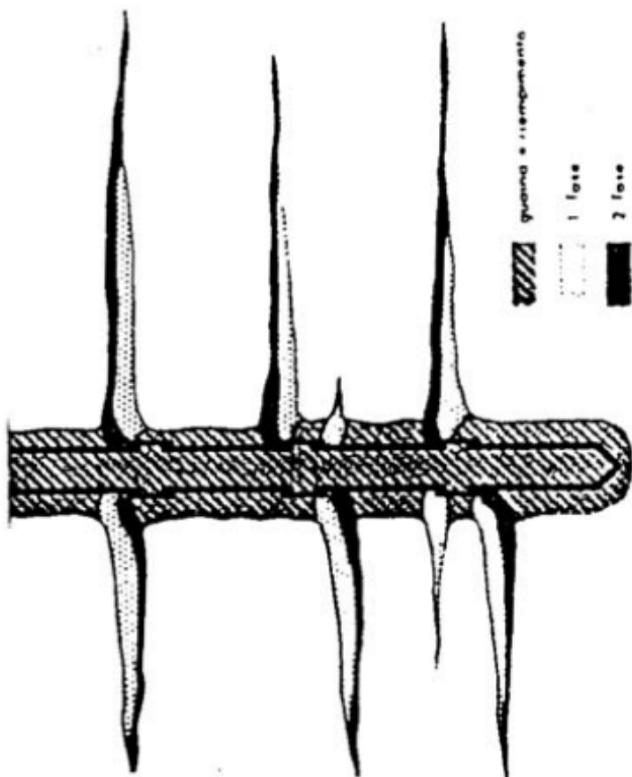
6) fare sospendere l'iniezione in caso di claquage o di comunicazione tra i fori

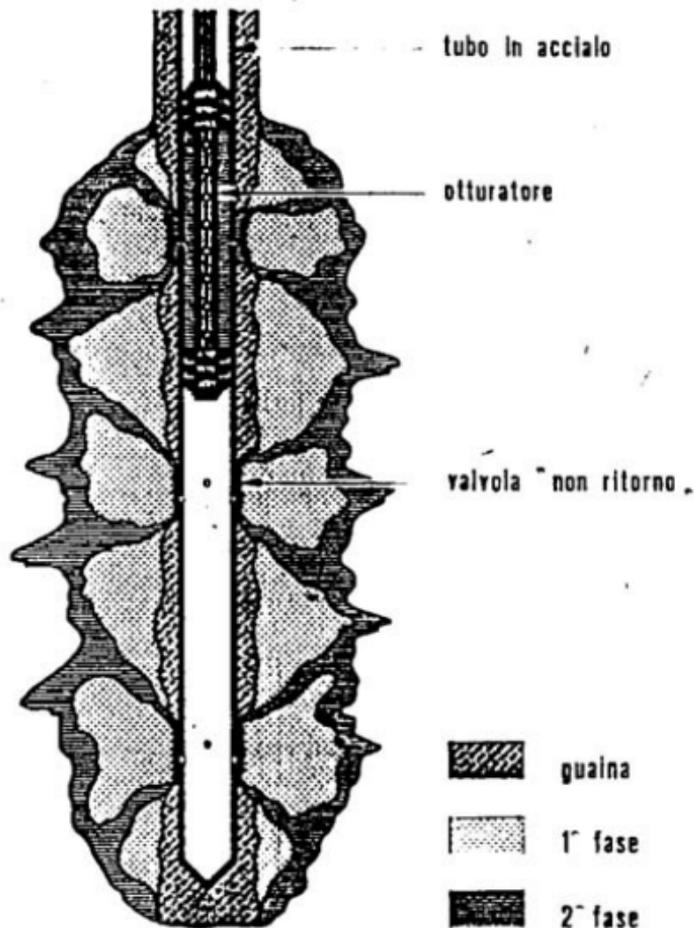
7) lavare i fori, le tubazioni ed i pistoncini

corretta formazione
del bulbo



"claquage" ripetuti





formazione del bulbo

OPERE SPECIALI

Per l'adeguamento statico di strutture in C.A. con particolare attenzione ai problemi di fondazione.

LE TECNOLOGIE RODIO

- _ MICROPALI ROPRES[®]
- _ INIEZIONI RODINJET[®]
- _ BETON PLAQUE'
- _ DIAFRAMMI PLASTICI continui impermeabili

Le opere speciali sono necessarie quando sussistono vincoli particolari che impediscono l'esecuzione di opere tradizionali (es. pali) :

- servizio o esercizi da mantenere
- strutture pre-esistenti

Gli interventi su strutture pre-esistenti sono generalmente dovuti a :

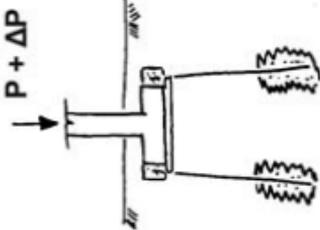
- fenomeni di degrado intervenuti (vetustà, danni \Rightarrow restauro)
- necessità di adeguamenti statici per nuove destinazioni d'uso
- necessità di adeguamenti antisismici.

FONDAZIONI $\left\{ \begin{array}{l} \rightarrow \text{micropali} \\ \rightarrow \text{iniezioni} \end{array} \right.$ (jet grouting)

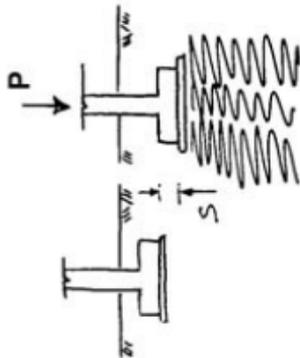
STRUTTURE \rightarrow beton plaquè (resine)

Impermeabilizzazioni schermi idraulici.

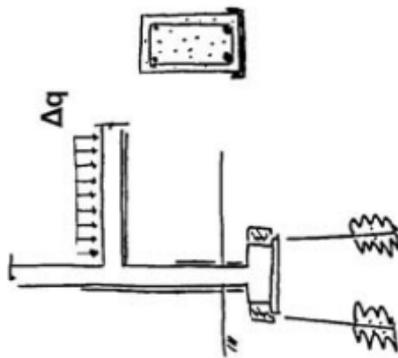
Micropali



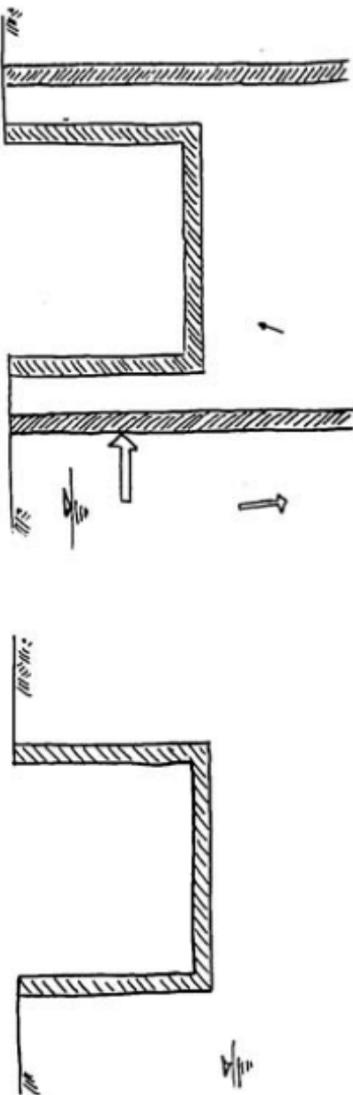
Iniezioni



Beton Plaque

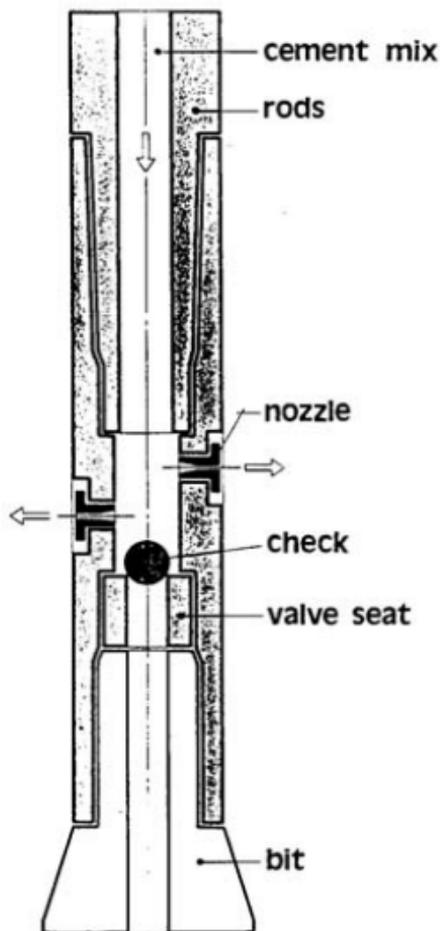


Impermeabilizzazione

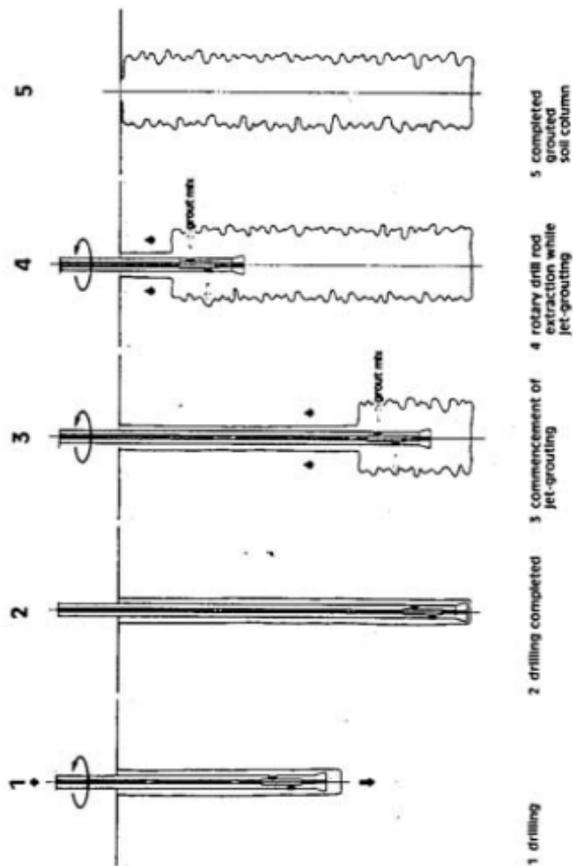


RODINJET[®] 1

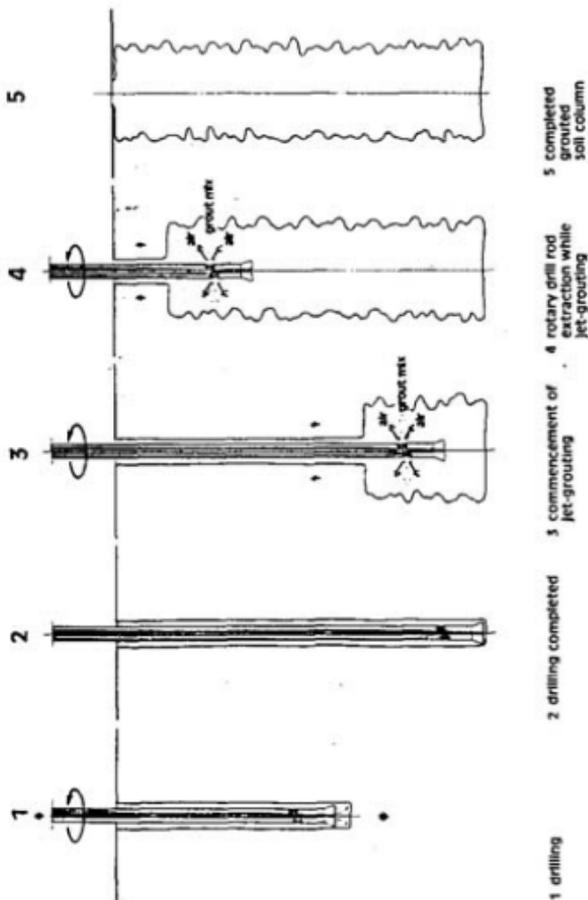
JETTING TOOL - detail



**RODINJET[®] 1 - single fluid system
working phases-uncased borehole**



**RODINJET" 2 - two fluid system
working phases-uncased borehole**



**RODINJET[®] 3 - three fluid system
working phases-uncased borehole**

