



2018

GEOFLUID

22^a Mostra Internazionale delle Tecnologie ed Attrezzature per la Ricerca, Estrazione e Trasporto dei Fluidi Sotterranei

Drilling & Foundations



3 - 6 Ottobre 2018
Piacenza



The most important international event for Drilling & Foundations



ALIG

ASSOCIAZIONE LABORATORI
DI INGEGNERIA E GEOTECNICA

Convegno organizzato da:

**NUOVE NORMATIVE NEL SETTORE DEI LABORATORI GEOTECNICI,
ASPETTI INNOVATIVI E CRITICITA' APPLICATIVE**

Tecniche d'indagine per trattamenti colonnari



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Prof. Massimo Grisolia
Ing. Paolo Marzano

Introduzione



Progettazione geotecnica

Rendere i terreni più consistenti



Prof. Massimo Grisolia
Ing. Paolo Marzano

Progettazione geotecnica

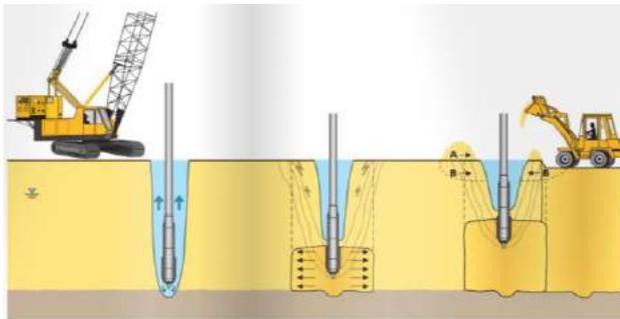
Rendere i terreni più consistenti

Addensamento

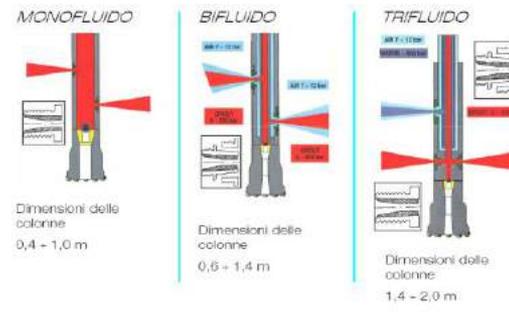
Cementazione

Sostituzione

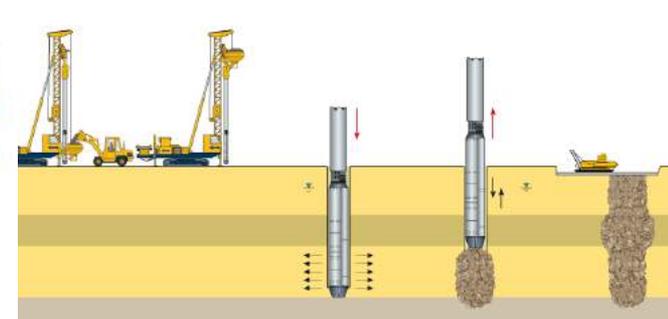
Trattamenti colonnari ?



Vibroflottazione



Jet Grouting



Colonne di ghiaia



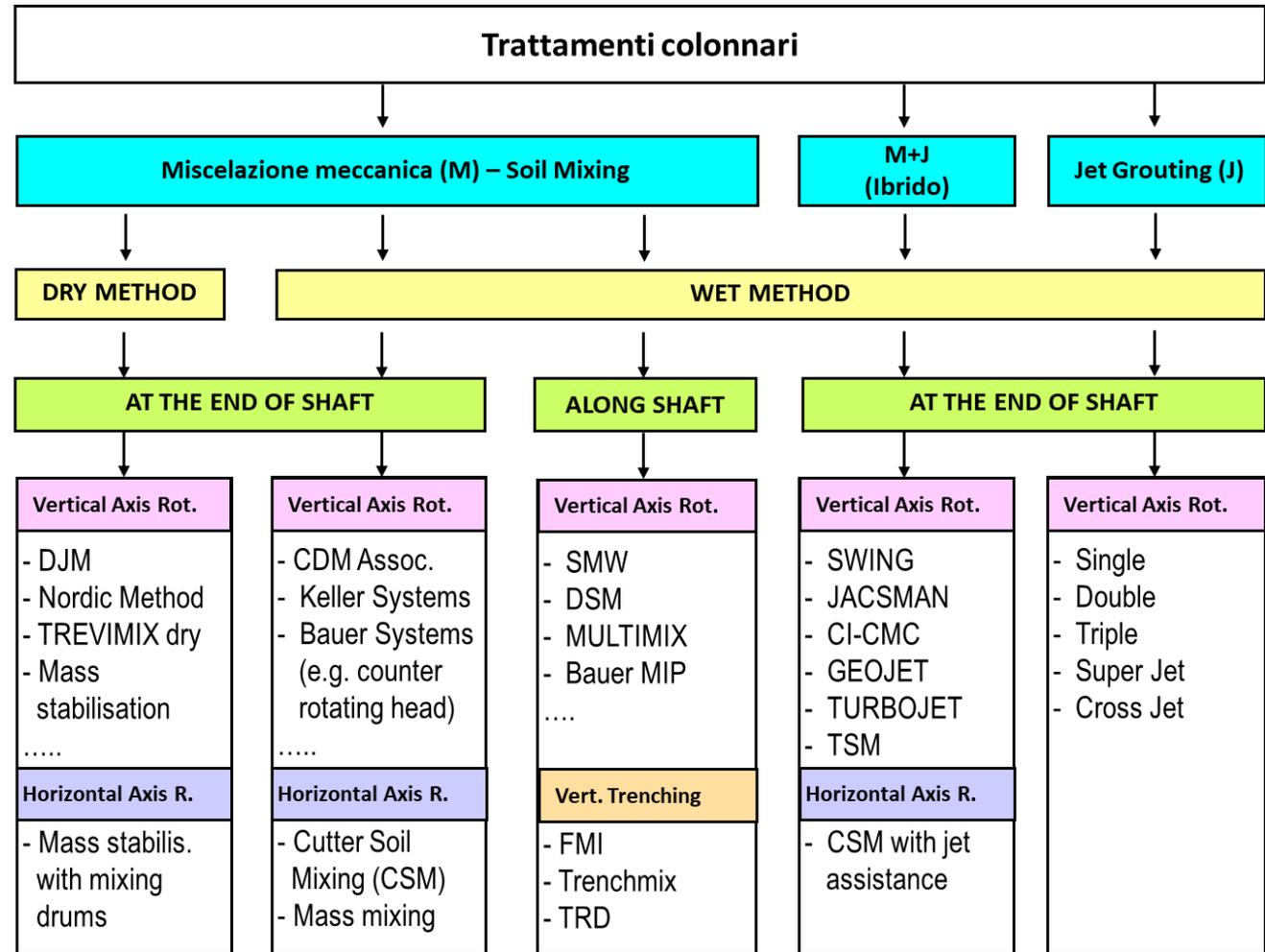
Trattamenti colonnari

Si definiscono **trattamenti colonnari** quegli interventi di consolidamento effettuati senza asportazione di terreno mediante miscelazione di quest'ultimo con leganti idraulici di varia natura



Classificazione

- (1) Tipologia miscelazione
- (2) Miscelazione per via secca o umida
- (3) Posizione dell'utensile miscelatore
- (4) Asse di rotazione dell'utensile miscelatore



Soil Mixing

La tecnica del Soil Mixing consiste nell'inserimento nel terreno di un utensile rotante su cui sono calettate delle eliche miscelatrici, che assicurano la disagregazione ed il rimescolamento del terreno con agenti leganti per la costituzione di elementi colonnari consistenti



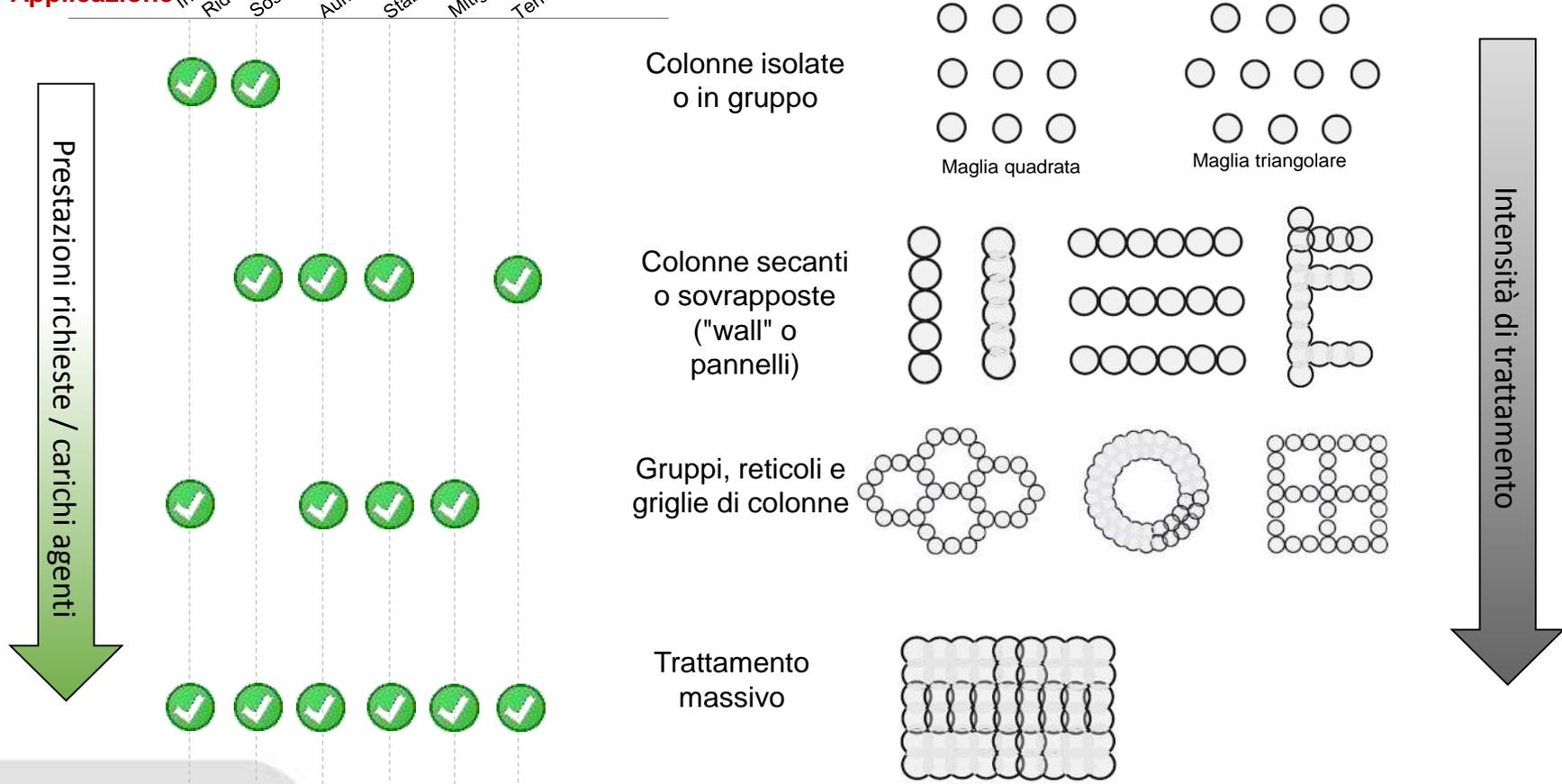
Caratteristica peculiare della tecnica è quella di consentire il trattamento dall'esterno senza asportazione di terreno, con evidenti positivi effetti di carattere tecnico e ambientale



Geometrie di trattamento

Applicazione

- Incremento capacità portante
- Riduzione dei cedimenti
- Sostegno / Riduzione spinte
- Aumento resistenza carichi orizzontali
- Stabilità rilevati
- Mitigazione liquefazione
- Tenuta idraulica



Esempi di applicazioni



Miglioramento e rinforzo



Stabilità e sostegno



Applicazioni strutturali ed ambientali



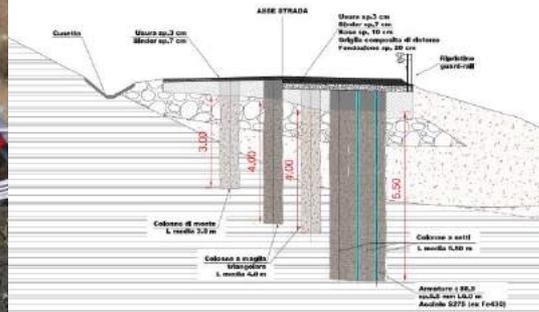
Applicazione di mitigazione del rischio sismico



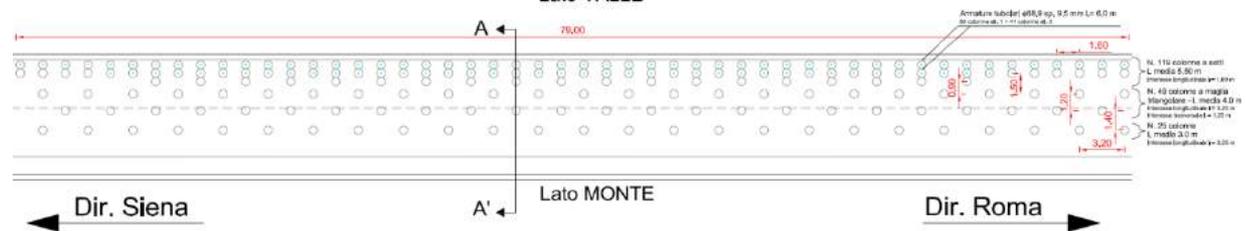
Soluzioni speciali per interventi su edifici esistenti



Consolidamento corpo stradale



Lato VALLE



Colonne Ø 60 cm

Lato monte: maglia triangolare $i_L=3,2$ m $i_B=1,2$ m $L=3-4$ m

Lato valle: **Shear walls** passo 1,6 m $L=5,5$ m

colonna bordo strada armata con tubolare Ø 88,9 mm

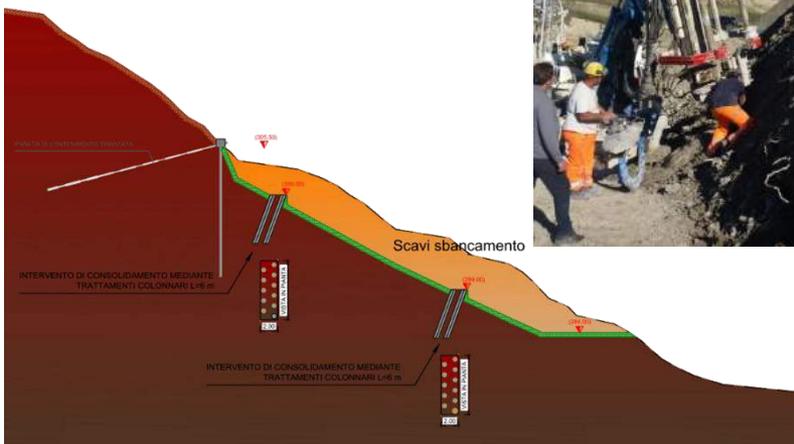
Prof. Massimo Grisolia

Ing. Paolo Marzano

S.S.Cassia (2017)



Stabilizzazione scavi SU VERSANTE



Diga di Casanuova (PG)

Trattamenti colonnari inclinati

Colonne \varnothing 60 cm

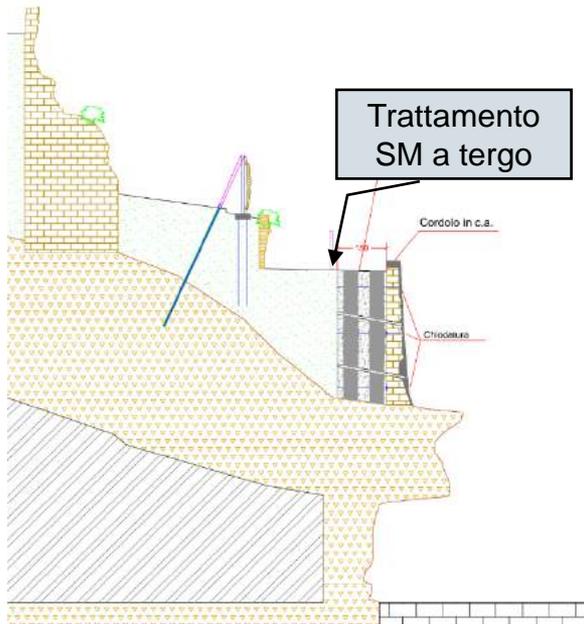
a quinconce interasse 1.2 m, L=6 m

Prof. Massimo Grisolia
Ing. Paolo Marzano

- **Trattamenti Soil Mixing per**
- Miglioramento condizioni di stabilità globale



CONSOLIDAMENTO OPERE di sostegno



Colonne \varnothing 40 cm
quinconce L=4 m

Condizioni stratigrafiche: Terreni di riempimento di natura piroclastica

- **Trattamenti Soil Mixing per**
 - riduzione spinte
 - stabilità di insieme



Prof. Massimo Grisolia
Ing. Paolo Marzano

CONSOLIDAMENTO OPERE di sostegno



Miglioramento proprietà del terrapieno di un complesso murario in tufo parzialmente crollato

Colonne \varnothing 20 cm
quinconce interasse 50 cm
L=7 m

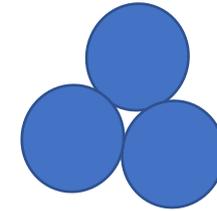
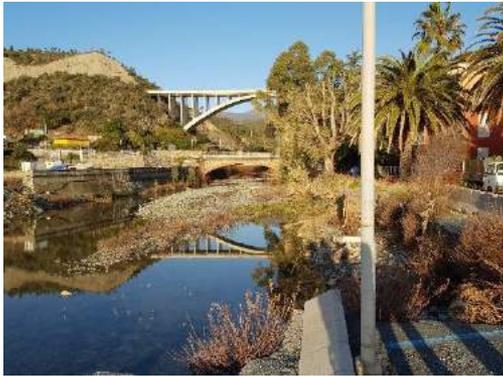
Condizioni stratigrafiche: Terreni di riempimento di natura piroclastica

- **Trattamenti Soil Mixing per**
 - riduzione spinte
 - stabilità di insieme



Prof. Massimo Grisolia
Ing. Paolo Marzano

Mitigazione rischio idrogeologico



Tattamento massivo antiscalzamento opere di sostegno Opere di sostegno scavi

Colonne Ø60 cm

Maglia triangolare interasse $i = 60$ cm

Lunghezza 4-5 m

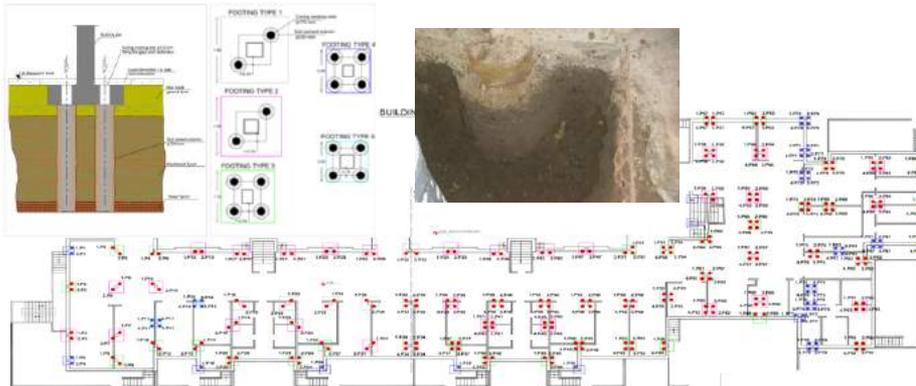
Prof. Massimo Grisolia

Ing. Paolo Marzano

Sistemazione alveo
danneggiato dall'alluvione
del 2010 a Cogoleto (GE)
Lavoro in corso



Consolidamento fabbricati ESISTENTI



➤ Risoluzione problema cedimenti differenziali

Colonne a geometria variabile

Utensile chiuso \varnothing 18 cm

Utensile aperto \varnothing 36 cm

270 colonne di terreno
migliorato su 90 plinti

Civitavecchia (2017-in corso)

- **Trattamenti Soil Mixing per**

➤ Sottofondazione edifici esistenti



Prof. Massimo Grisolia
Ing. Paolo Marzano

IL QUADRO NORMATIVO NAZIONALE DI RIFERIMENTO



2018

GEOFLUID

22^a Mostra Internazionale delle Tecnologie ed Attrezzature per la Ricerca, Estrazione e Trasporto dei Fluidi Sotterranei

D.M. 17/01/2018

§ 6.9

6.9. MIGLIORAMENTO E RINFORZO DEI TERRENI E DEGLI AMMASSI ROCCIOSI

Le presenti norme riguardano la progettazione, la costruzione e il controllo degli interventi di miglioramento e rinforzo dei terreni e degli ammassi rocciosi, realizzati per diverse finalità applicative.

6.9.1. SCELTA DEL TIPO DI INTERVENTO E CRITERI GENERALI DI PROGETTO

La scelta del tipo di intervento deve derivare da una caratterizzazione geotecnica dei terreni e degli ammassi rocciosi da trattare e da un'analisi dei fattori tecnici, organizzativi e ambientali.

Gli interventi devono essere giustificati, indicando i fattori geotecnici che ci si propone di modificare e fornendo valutazioni quantitative degli effetti meccanici attesi.

Le indagini geotecniche devono riguardare anche l'accertamento dei risultati conseguiti, avvalendosi di misure e di appositi campi prova.

Nel progetto devono essere definiti il dimensionamento degli interventi, le caratteristiche degli eventuali elementi strutturali e dei materiali di apporto, le tecniche necessarie e le sequenze operative.

Il progetto deve indicare le modalità di accertamento dei risultati, specificando le misure e le indagini sperimentali più opportune in relazione alla tipologia ed agli obiettivi dell'intervento di miglioramento e/o rinforzo. Negli interventi di particolare importanza il progetto deve prevedere una fase preliminare di verifica sperimentale e messa a punto delle modalità esecutive dell'intervento (campi prova).

6.9.2. MONITORAGGIO

Il monitoraggio ha lo scopo di valutare l'efficacia degli interventi e di verificare la rispondenza dei risultati ottenuti con le ipotesi progettuali. Ha inoltre lo scopo di controllare il comportamento nel tempo del complesso opera-terreno trattato.

Il monitoraggio deve essere previsto nei casi in cui gli interventi di miglioramento e di rinforzo possano condizionare la sicurezza e la funzionalità dell'opera in progetto o di opere circostanti.

Conoscenza dei terreni

Intervento e fattori
modificabili

Accertamento risultati
ottenibili

Controllo



Prof. Massimo Grisolia
Ing. Paolo Marzano

IL QUADRO NORMATIVO NAZIONALE DI RIFERIMENTO



2018

GEOFLUID

22^a Mostra Internazionale delle Tecnologie ed Attrezzature per la Ricerca, Estrazione e Trasporto dei Fluidi Sotterranei

D.M. 17/01/2018

§ 6.9

6.9. MIGLIORAMENTO E RINFORZO DEI TERRENI E DEGLI AMMASSI ROCCIOSI

Le presenti norme riguardano la progettazione, la costruzione e il controllo degli interventi di miglioramento e rinforzo dei terreni e degli ammassi rocciosi, realizzati per diverse finalità applicative.

6.9.1. SCELTA DEL TIPO DI INTERVENTO E CRITERI GENERALI DI PROGETTO

La scelta del tipo di intervento deve derivare da una caratterizzazione geotecnica dei terreni e degli ammassi rocciosi da trattare e da un'analisi dei fattori tecnici, organizzativi e ambientali.

Gli interventi devono essere giustificati, indicando i fattori geotecnici che ci si propone di modificare e fornendo valutazioni quantitative degli effetti meccanici attesi.

Le indagini geotecniche devono riguardare anche l'accertamento dei risultati conseguiti, avvalendosi di misure e di appositi campi prova.

Nel progetto devono essere definiti il dimensionamento degli interventi, le caratteristiche degli eventuali elementi strutturali e dei materiali di apporto, le tecniche necessarie e le sequenze operative.

Il progetto deve indicare le modalità di accertamento dei risultati, specificando le misure e le indagini sperimentali più opportune in relazione alla tipologia ed agli obiettivi dell'intervento di miglioramento e/o rinforzo. Negli interventi di particolare importanza il progetto deve prevedere una fase preliminare di verifica sperimentale e messa a punto delle modalità esecutive dell'intervento (campi prova).

6.9.2. MONITORAGGIO

Il monitoraggio ha lo scopo di valutare l'efficacia degli interventi e di verificare la rispondenza dei risultati ottenuti con le ipotesi progettuali. Ha inoltre lo scopo di controllare il comportamento nel tempo del complesso opera-terreno trattato.

Il monitoraggio deve essere previsto nei casi in cui gli interventi di miglioramento e di rinforzo possano condizionare la sicurezza e la funzionalità dell'opera in progetto o di opere circostanti.

Dimensionamento,
tecniche e fasi operative

Capitolato
Campi prova



Prof. Massimo Grisolia
Ing. Paolo Marzano

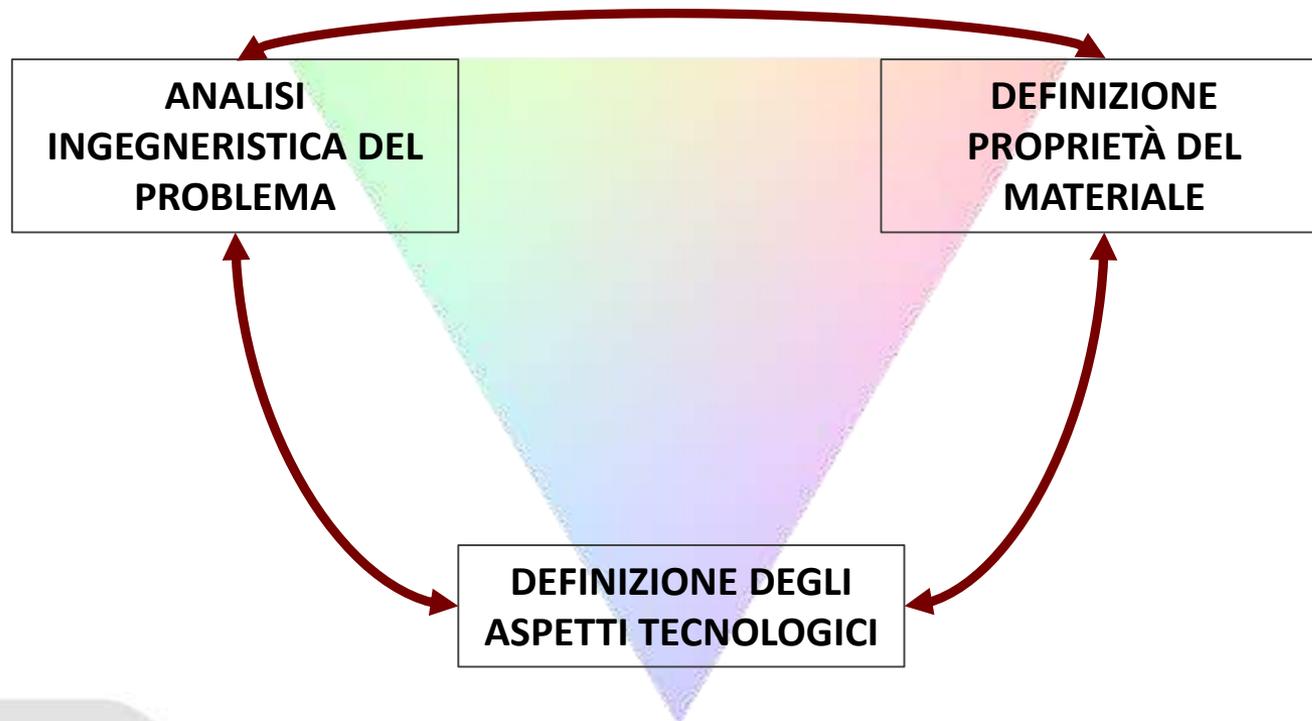
Progettazione Esecuzione Verifica Collaudo

Procedure per controlli di qualità

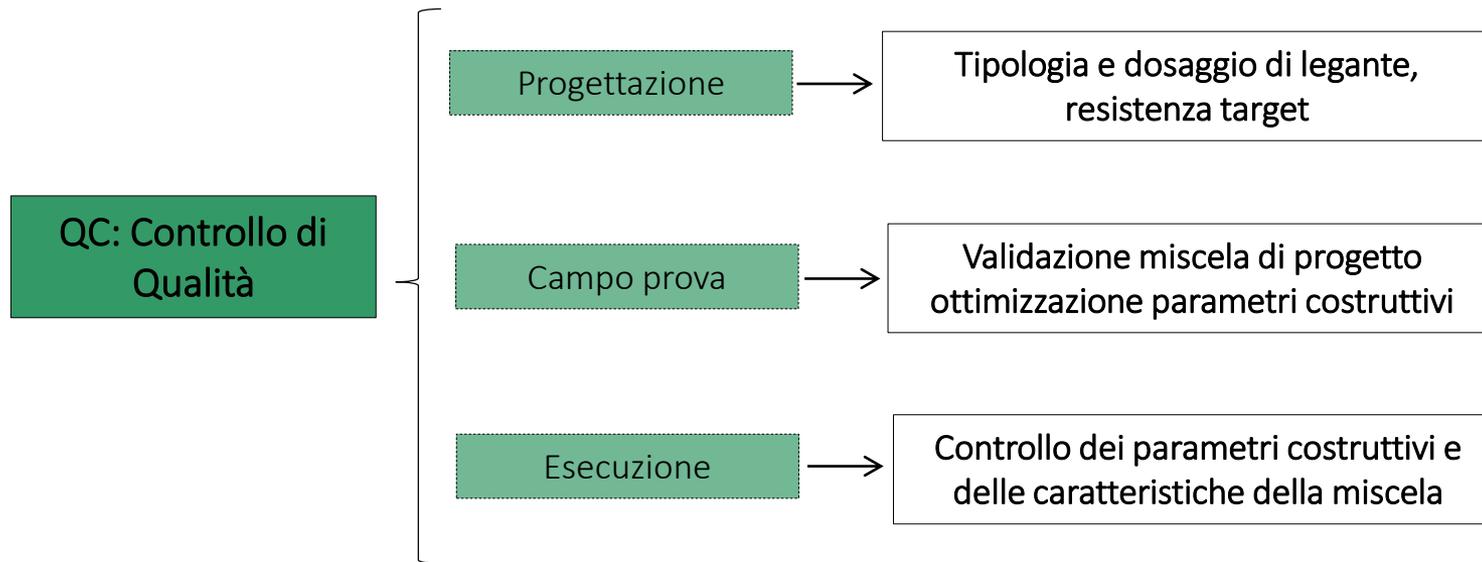
QC/QA
(Quality Control, Quality Assurance)



Approccio integrato



Controlli di qualità (QC)



Trattamento di Soil mixing

IL CUORE DEL PROGETTO

L A B O R A T O R I O



Mix design

Prove con differenti tipologie e quantità di legante e determinazione caratteristiche meccaniche



I N S I T U



Campo prova

Problema ingegneristico

Indagini e prelievo campioni



Analisi ingegneristica

Prof. Massimo Grisolia
Ing. Paolo Marzano



Progettazione (QC)

Prove preliminari di laboratorio

Stampi



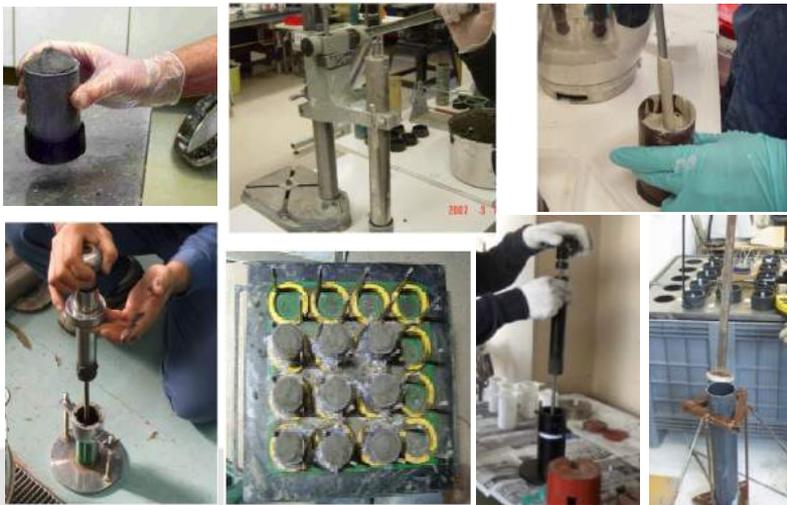
Modalità di miscelazione



JGS-0821 2000
EuroSoilStab 2002

Assenza
di
standard

Tecniche di confezionamento



Condizioni di maturazione



Prof. Massimo Grisolia
Ing. Paolo Marzano



Progettazione (QC)

Prove preliminari di laboratorio

Task 2: Field and laboratory testing methods

Coordinator: Prof. Masaki Kitazume



2018

GEOFLUID

22^a Mostra Internazionale delle Tecnologie ed Attrezzature per la Ricerca, Estrazione e Trasporto dei Fluidi Sotterranei

International collaborative study



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA



UNIVERSITY OF
CAMBRIDGE



東京工業大学
Tokyo Institute of Technology



SGI Swedish Geotechnical Institute



Independent Administrative Institution
Port and Airport Research Institute (PARI)



Prof. Massimo Grisolia
Ing. Paolo Marzano

Progettazione (QC)

Prove preliminari di laboratorio

Nessuna compattazione:

La miscela viene versata direttamente nello stampo



Tapping (giapponese):

Lo stampo veniva battuto contro il piano di lavoro per 50 (valore standard) o 100 volte.



Rodding:

impiego di un'asta metallica (8mm diametro) a compattare ciascuno strato.
30 movimenti verticali per strato



Compattazione Dinamica:

Compattazione di ciascuno strato mediante una massa battente di 1,5kg.
Altezza di caduta 10cm, 5 battute.



Compattazione Statica:

Compressione statica impressa da un cilindro metallico applicato per 10 secondi (due diverse pressioni: 25 e 50 kPa).



Grisolia et al. (2012)

Prof. Massimo Grisolia
Ing. Paolo Marzano



Progettazione (QC)

Prove preliminari di laboratorio

Studio su otto tipologie di terreni
 1 artificiale (riporto)
 7 naturali

Riporti limo sabbiosi Sabbie limo argillose



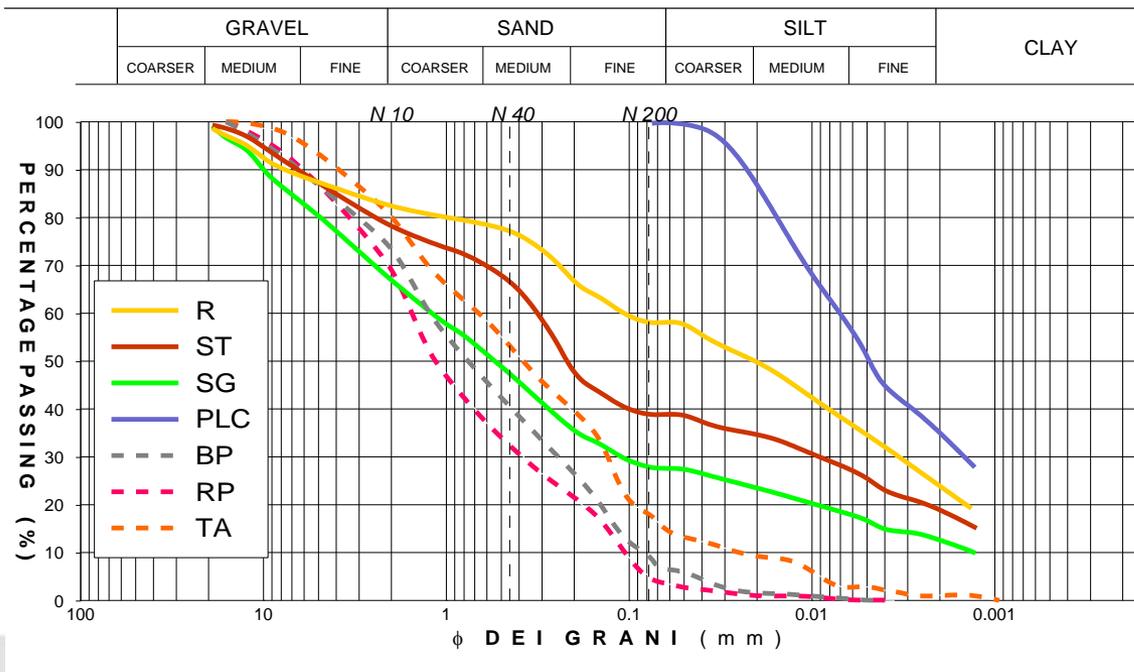
Sabbie e ghiaie

Argille Plioceniche

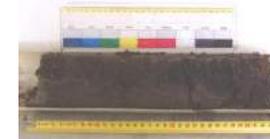


PARTICLE SIZE DISTRIBUTION

(A.S.T.M. D 422-90)



Pozzolana Nera



Pozzolana rossa



Tufi argillificati



Kawasaki clay

Kawasaki Clay	
Specific gravity, G_s (g/cm^3)	2.676
Natural water content, w_n (%)	57.0
Liquid limit, w_L (%)	48.6
Plastic limit, w_p (%)	29.6
Plasticity index, I_p (%)	19.0
Sand content (%), 75 μm - 2 mm	14.0
Silt content (%), 5 μm - 75 μm	42.0
Clay content (%), < 5 μm	44.0



Prof. Massimo Grisolia
 Ing. Paolo Marzano



Progettazione (QC)

Prove preliminari di laboratorio

Alluvial Soils	Water content (%)	Binder grout	Molding technique	Curing time	Test
 <p>RL - Man made silty deposit</p>	<p>20</p> <p>30</p> <p>40</p>		<p>Tapping TA.50</p>		
 <p>ST - Silty clayey sand</p>	<p>40</p> <p>50</p> <p>60</p>	<p>w/c=1</p>	<p>Rodding RO.</p>	<p>7 d</p>	<p>n. 176 UCS</p>
 <p>SG - Sand and gravel</p>	<p>6</p> <p>8</p> <p>10</p>	<p>a_c=10 %</p>	<p>No Compaction N.C.</p>	<p>28 d</p>	<p>n. 35 K</p>
 <p>PLC Pliocene clay</p>	<p>50</p> <p>60</p> <p>70</p>				



Progettazione (QC)

Prove preliminari di laboratorio

Pyroclastic Soils	Water content (%)	Binder grout	Molding technique	Curing time	Test
 <p>BP - Black Pozzolana</p>	<p>25</p> <p>30</p> <p>35</p>		<p>Tapping TA.50</p>		
 <p>RP - Red Pozzolana</p>	<p>20</p> <p>26</p> <p>32</p>	<p>w/c=0.5</p>	<p>Rodding RO.</p>	<p>7 d</p> <p>28 d</p>	<p>n. 204 UCS</p>
 <p>TA Argillified Tuff</p>	<p>44</p> <p>48</p> <p>53</p>	<p>a_c=10 %</p>	<p>No Compaction N.C.</p>	<p>91 d</p>	<p>n. 27 K</p>



Progettazione (QC)

Prove preliminari di laboratorio

Kawasaki clay	Water content (%)	Binder grout	Molding technique	Curing time	Test
 <p>KC: Kawasaki Clay</p>	49		Dynamic Compaction D.C.		
	54	w/c=0			
	60	a _c =5 %	Static Compaction S.C.25 - S.C.50	7 d	
	66	a _c =20 %	Tapping TA.50 - TA.100		n. 400 UCS
	72	a _c =30 %	Rodding RO.	28 d	
			No Compaction N.C.		



Progettazione (QC)

Prove preliminari di laboratorio

Lavorabilità

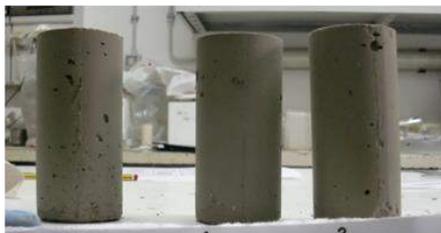
Tapping

Rodding

No compaction

Lower

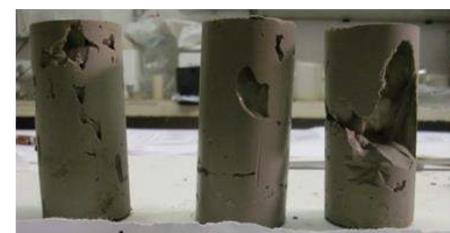
$W_{tot} = 50\%$



$W_{tot} = 61\%$



$W_{tot} = 70\%$



Higher

w_{tot} : Mixture's water content



Progettazione (QC)

Prove preliminari di laboratorio

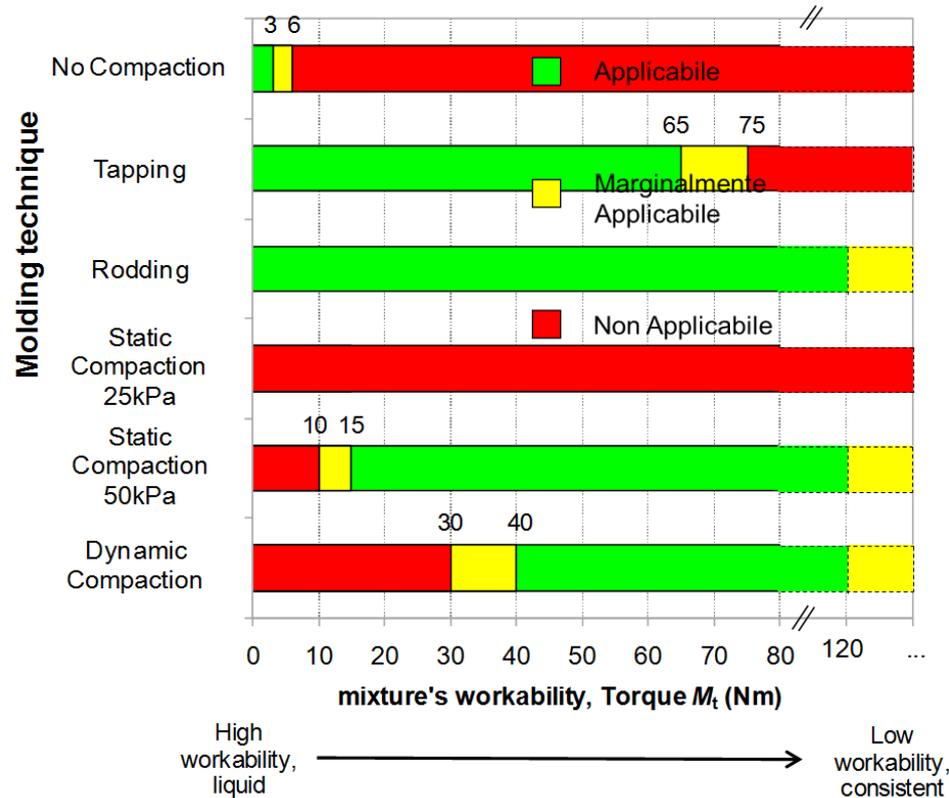


2018



22^a Mostra Internazionale delle Tecnologie ed Attrezzature per la Ricerca, Estrazione e Trasporto dei Fluidi Sotterranei

Range di lavorabilità per cui ciascuna tecnica risulta



Prof. Massimo Grisolia
Ing. Paolo Marzano

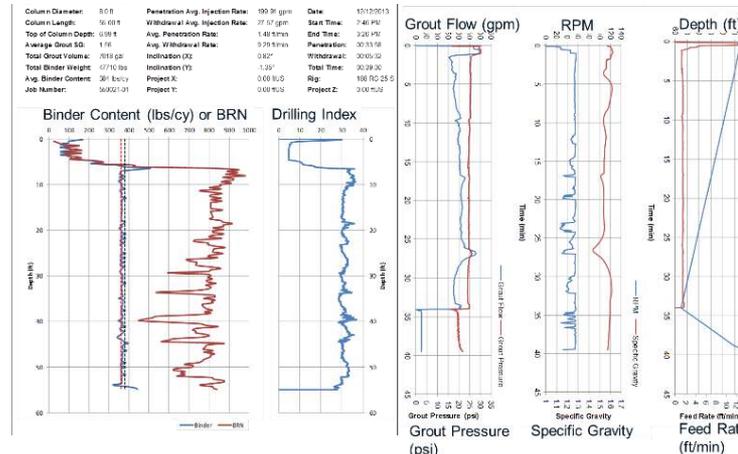
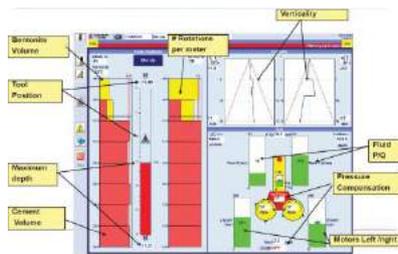
Esecuzione (QC)

Attività finalizzate a garantire la bontà delle lavorazioni

- **Miscela leganti e loro costituenti** (peso specifico, viscosità, ecc.)
- **Attrezzature** (usura e funzionalità dell'utensile miscelatore, sistema di alimentazione miscela legante ecc.)
- **Parametri operativi di trattamento e produzione**



Baroid Mud Balance



Prof. Massimo Grisolia
Ing. Paolo Marzano

Campo prove (QC)

Installazione di colonne o pannelli dimostrativi

1) Verifica delle capacità operative delle attrezzature impiegate

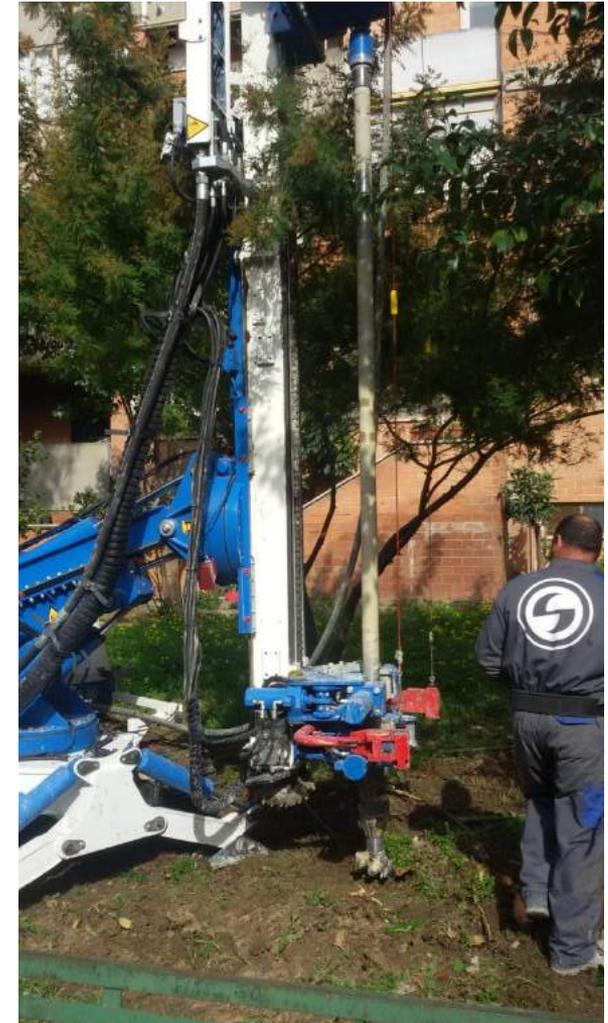
(profondità raggiungibili, scelta della tipologia di utensile ecc..)

2) Ottimizzazione dei parametri operativi del trattamento

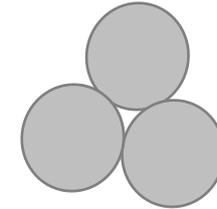
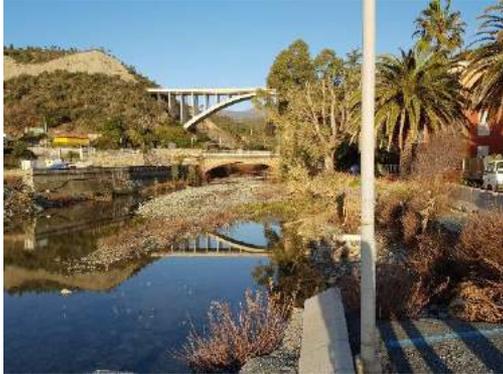
(velocità di penetrazione e recupero, velocità di rotazione, BRN, flusso di miscela impiegata ecc.)

3) metodologie di avanzamento e risalita dell'utensile miscelatore (

4) Verifica delle prestazioni ottenute



Campo Prove Cogoletto



Tattamento massivo antiscalzamento opere di sostegno
Opere di sostegno scavi

Colonne Ø60 cm
Maglia triangolare interasse $i = 60$ cm
Lunghezza 4-5 m

Sistemazione alveo
danneggiato dall'alluvione
del 2010 a Cogoletto (GE)
Lavoro in corso

Cortersia Soilmixing S.r.l.



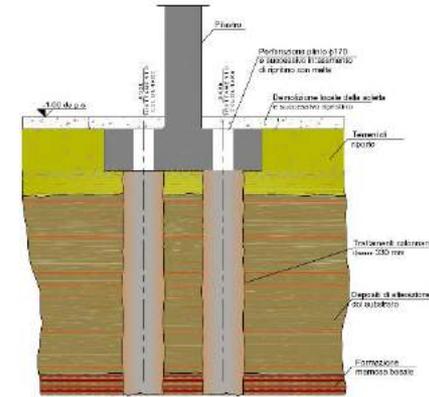
Startup di
SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Prof. Massimo Grisolia
Ing. Paolo Marzano



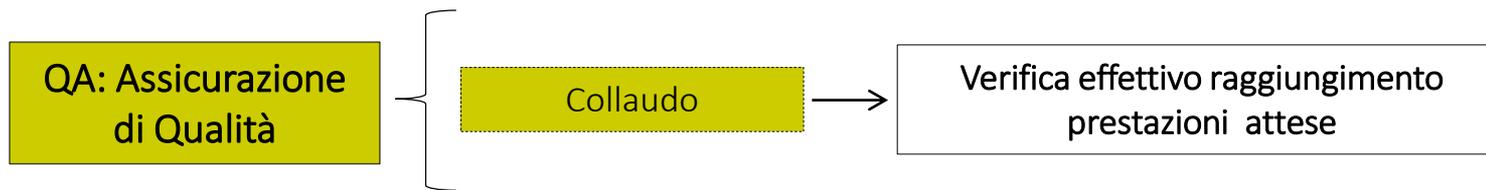
Campo Prove Civitavecchia

Utensile “ad apertura controllata” in grado di ottenere incrementi di diametro a profondità predefinite per il consolidamento di strutture di fondazione esistenti



Assicurazione di qualità (QA)

Con termine **QA** vengono riassunti i controlli eseguiti dal committente o dalla stessa ditta esecutrice indirizzati alla verifica dell'effettivo raggiungimento delle prestazioni dell'intervento così come previste in progetto a supporto o come parte integrante del collaudo



Prelievo di campioni di miscela fresca

Prelievo di campioni di miscela indurita

Esposizione di colonne

Prove penetrometriche

Prove di carico

Prove geofisiche



Prelievo di campioni di miscela fresca (QA)

Durante l'esecuzione del trattamento di Soil Mixing di tipo "wet" si possono prelevare a "fresco" (**wet grab**), ovvero prima che il legante cominci a far presa, **campioni** di miscela terreno cemento da sottoporre a prove specifiche di laboratorio

Il prelievo di campioni "wet grab" viene generalmente eseguito con **appositi campionatori** inseriti nella colonna/pannello appena realizzato tramite l'ausilio di un mezzo di sollevamento

La miscela viene poi riposta all'interno di un contenitore per permettere il successivo **confezionamento di provini**

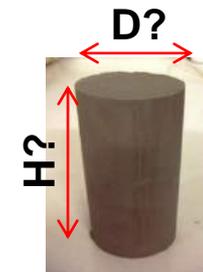


Kitazume 2012

Prelievo di campioni di miscela fresca (QA)

Non sono attualmente disponibili procedure standardizzate per il prelievo di campioni di miscela fresca

In un suo studio specifico, Al-Tabbaa (2012) riporta **margini di errore** associati a prove ELL, condotte su provini wet grab, compresi nel range **10-25 %**



Prelievo di campioni di miscela fresca (QA)

Undisturbed wet grab sampler

Questa tipologia di campionamento rende molto più snelle e rapide le operazioni di cantiere, permette di prelevare un campione fresco “indisturbato” e non rimaneggiato

La limitazione principale è la **profondità di prelievo massima** raggiungibile che attualmente (sono in corso ulteriori ricerche su prototipi) è compresa tra i **3** e i **5 m**



Prelievo di campioni di miscela indurita (QA)

Il carotaggio del terreno trattato ed indurito, se condotto responsabilmente e con attenzione da **operatori esperti**, può fornire **campioni rappresentativi** per l'osservazione visuale e per prove di laboratorio. Le perforazioni possono essere realizzate verticalmente in **posizioni diverse nei pannelli** per verificare l'**omogeneità** del trattamento

Tra le misure da adottare per ottenere un campionamento rappresentativo e che riduca il disturbo arrecato al materiale trattato, vi sono ad esempio l'impiego di carotieri con diametro maggiore di 76 mm, a **tripla parete e lubrificazione della parte interna** del campionatore Frequenza 1 ogni 3000 m³ terra e 1 ogni 10000 m³ mare

Al-Tabbaa (2012) riporta **margini di errore elevati** e compresi nel range **15-55 %**



"Indisturbati"



Weatherby, 2012

Disturbati

Prelievo di campioni di miscela indurita (QA)

“Cased pipe sampler”

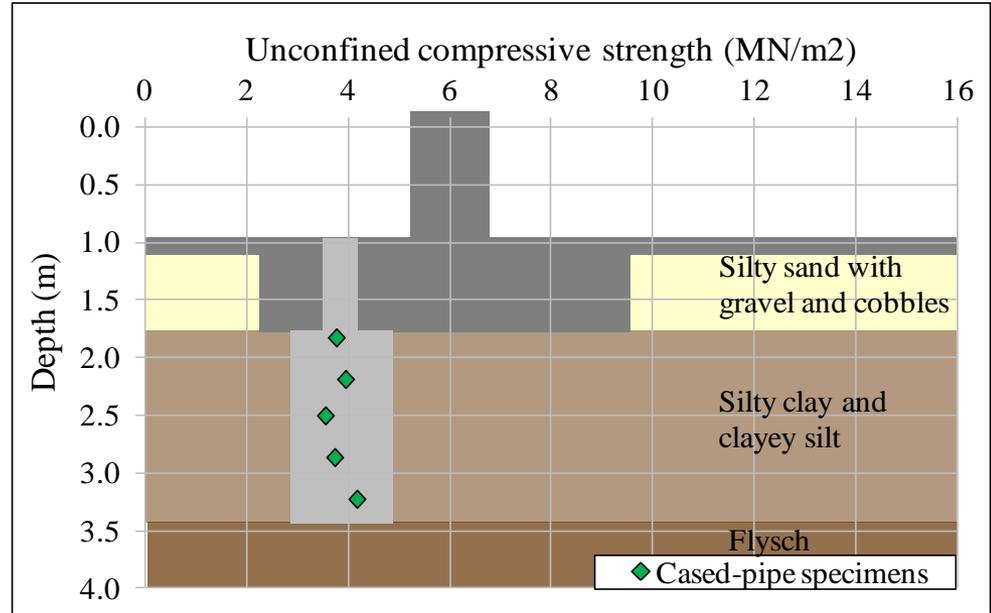
Colonne di terreno trattato e maturato in sito di elevata rappresentatività

Notevoli inoltre sono i **vantaggi** in termini di **costi**, **tempi** di esecuzione dei campionamenti e **logistica** rispetto alle classiche tecniche di carotaggio.

Esistono tuttavia **limiti** sulle **profondità attualmente raggiungibili (6 - 7m)**



Cased pipe sampler



Strength distribution of treated soils with depth

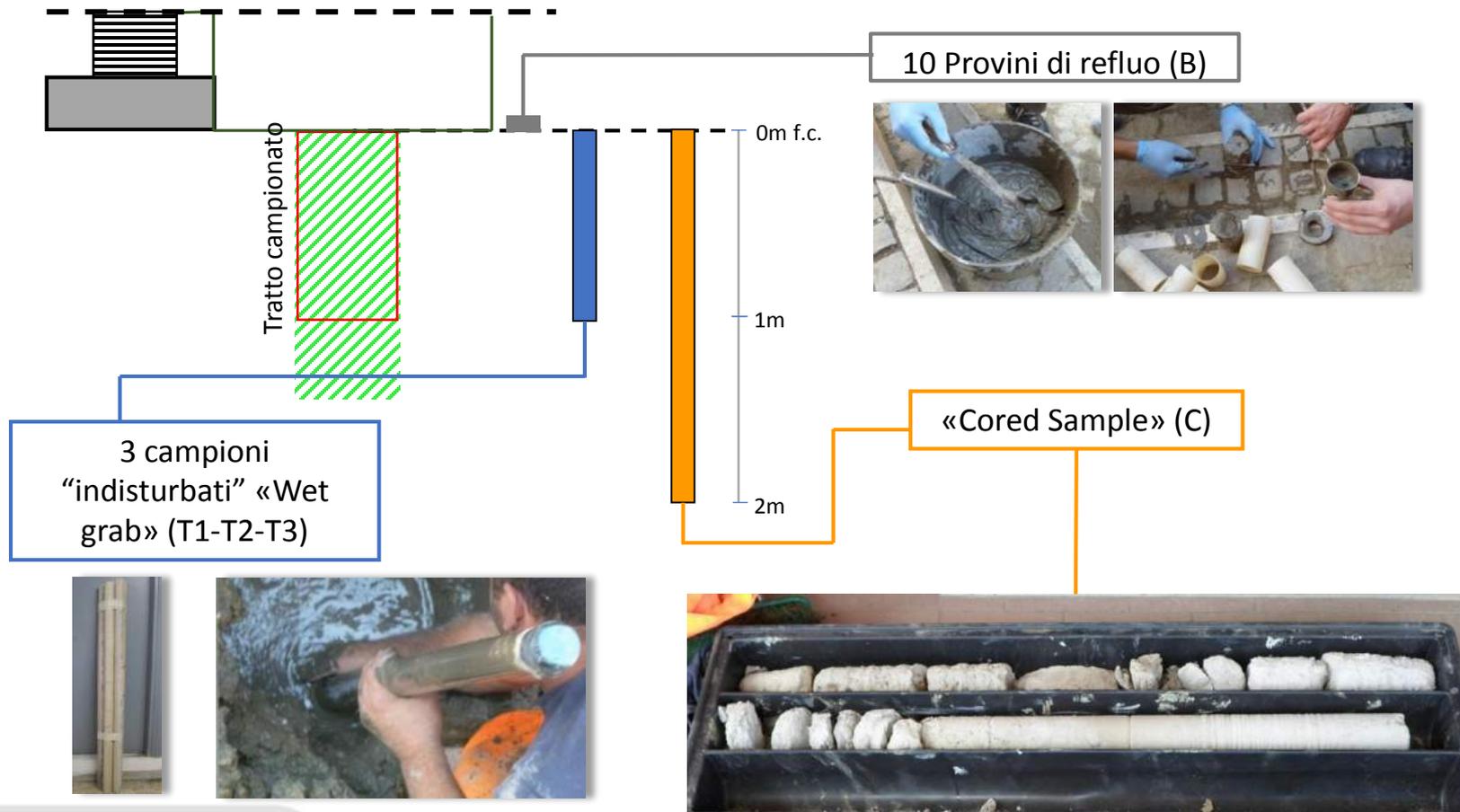


Cased-pipe retrieved specimens

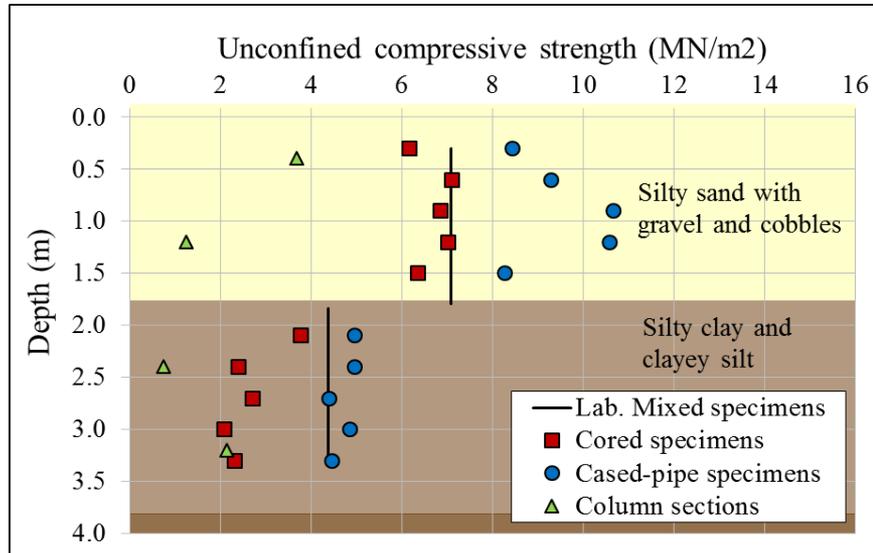


Prof. Massimo Grisolia
 Ing. Paolo Marzano

Confronto diverse tecniche di campionamento



Confronto diverse tecniche di campionamento



Carotaggi



Estrazione colonne



Cased Pipe Sample



Prof. Massimo Grisolia
Ing. Paolo Marzano

Cortersia Soilmixing S.r.l.



Startup di
SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Confronto Campioni

La qualità dei campioni indisturbati prelevati con Cased Pipe Sampler paragonabile a quella dei provini ottenuti in laboratorio con tecniche appropriate



**Provini di laboratorio
Argille grigie**



**Campioni ottenuti tramite Cased pipe sampler
(Argille torbose di Fiumicino)**



Prof. Massimo Grisolia
Ing. Paolo Marzano

Tecniche d'indagine per i trattamenti colonnari

Cortersia Soilmixing S.r.l.



Startup di
SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

05/10/18

43

Confronto Campioni

La qualità dei campioni indisturbati prelevati con Cased Pipe Sampler paragonabile a quella dei provini ottenuti in laboratorio con tecniche appropriate



**Provini di laboratorio
(Sabbie di Ponte Galeria)**



**Campioni ottenuti tramite Cased pipe sampler
(Sabbie limo-argillose Civitavecchia)**



Prof. Massimo Grisolia
Ing. Paolo Marzano



Esposizione di colonne (QA)



I principali **svantaggi** di tale tecnica sono sicuramente i **costi**, il **tempo** e la **logistica**

Bruce 2012

Prof. Massimo Grisolia
Ing. Paolo Marzano

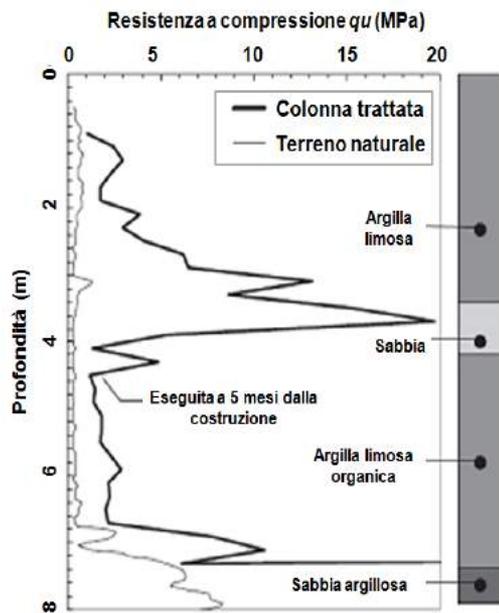


Prove penetrometriche (QA)

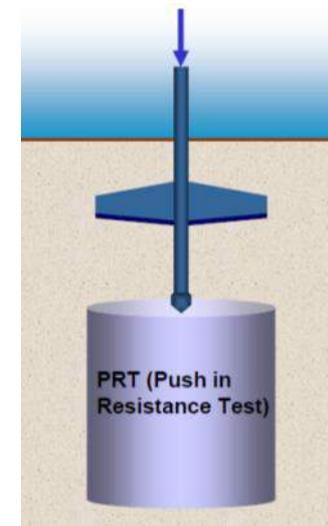
Possono essere eseguite prove **penetrometriche** classiche o appositamente sviluppate (Specialmente nelle regioni Scandinave dove le colonne trattate hanno basse resistenze e generalmente vengono testate 0.5%–2% delle colonne)

Prove penetrometriche specifiche sono:

- ❑ Prova PORT (Pull Out Resistance Test)
- ❑ Prova PRT (Push in Resistance Test)

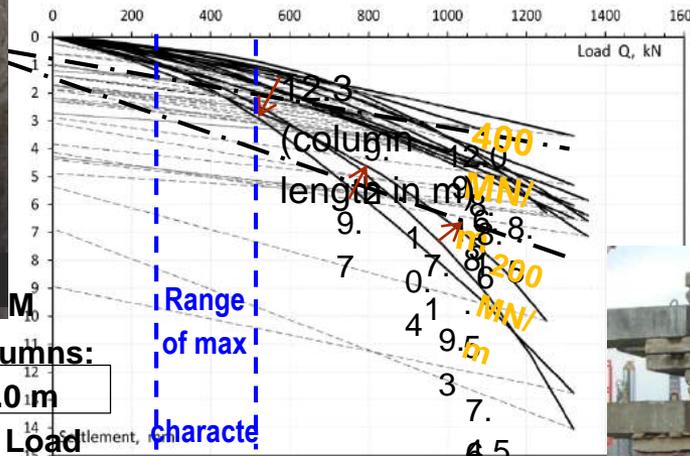


Van Impe et al., 2007



Prove di carico(QA)

Qualora fosse ritenuto necessario, possono anche essere eseguite delle prove di carico **statiche e/o dinamiche** su di un certo numero di colonne



columns:
Ø1.0 m
15 Load tests

Range of max characteristic loads



Monitoraggio



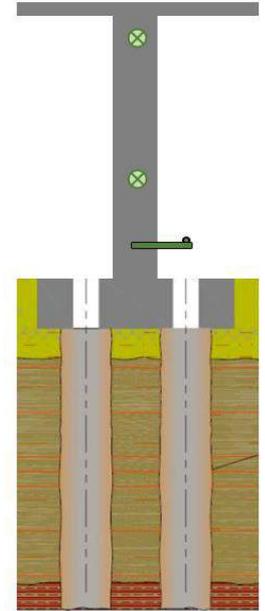
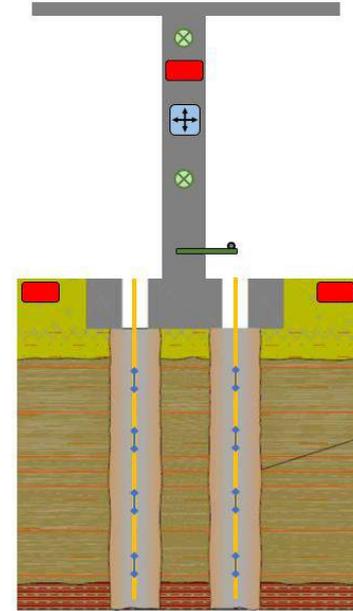
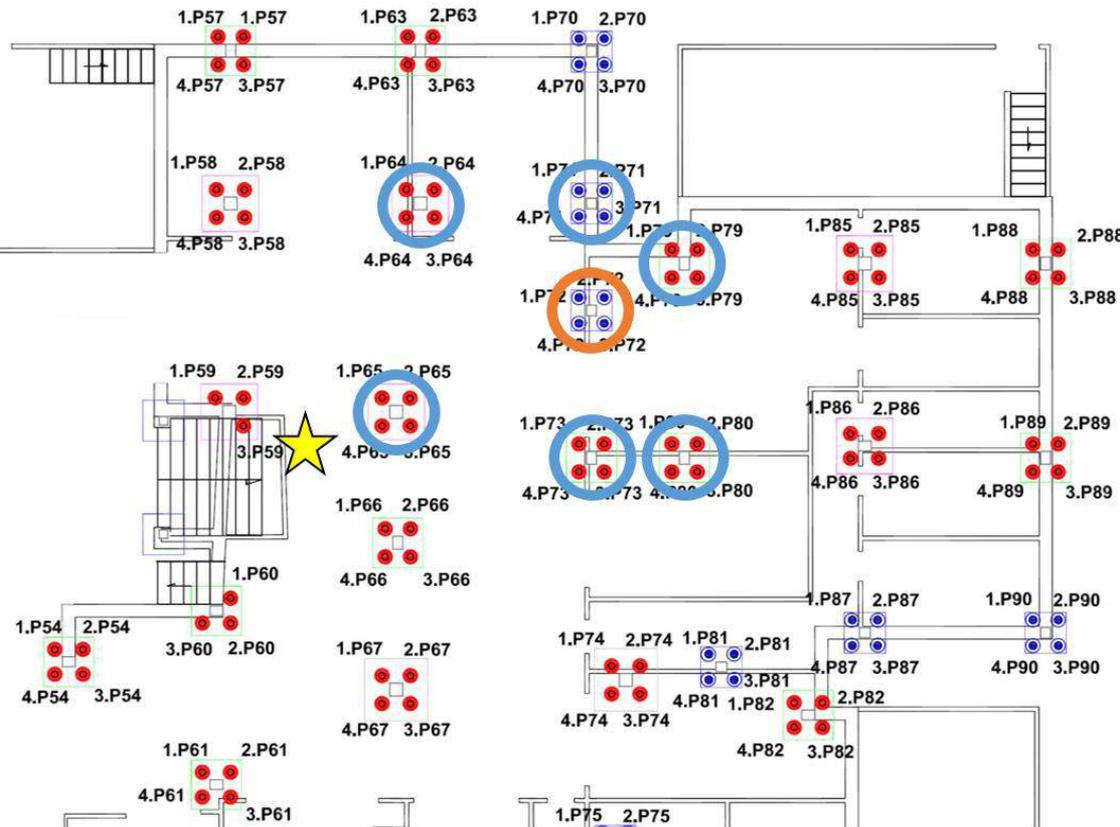
2018

GEOFLUID

22^a Mostra Internazionale delle Tecnologie ed Attrezzature per la Ricerca, Estrazione e Trasporto dei Fluidi Sotterranei

Central column

Sorrounding columns



Pilastro centrale n. 72 – monitoraggio completo	
	N. 3 accelerometri triassiali
	N. 1 Clinometro biaassiale
	N. 2 prismi – topografia 3D
	N. 1 staffa di livellazione 1D
	N. 16 (4x4) strain gauges saldabili su barra

Pilastrini al contorno – monitoraggio di controllo Pilastrini nn. 64-65-71-73-79-80	
	N. 12 (2x6) prismi – topografia 3D
	N. 6 (1x6) staffe di livellazione 1D



Ubicazione Stazione Totale Robotizzata

Startup di SAPIENZA UNIVERSITÀ DI ROMA

Cortersia Soilmixing S.r.l.



Prof. Massimo Grisolia
Ing. Paolo Marzano

Tecniche d'indagine per i trattamenti colonnari

05/10/18

48

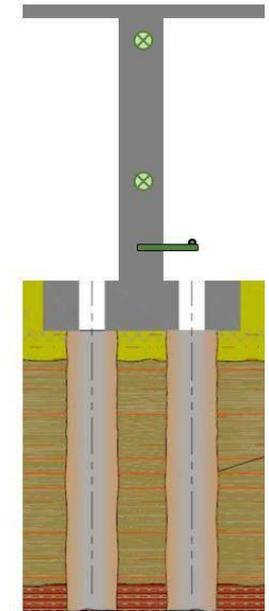
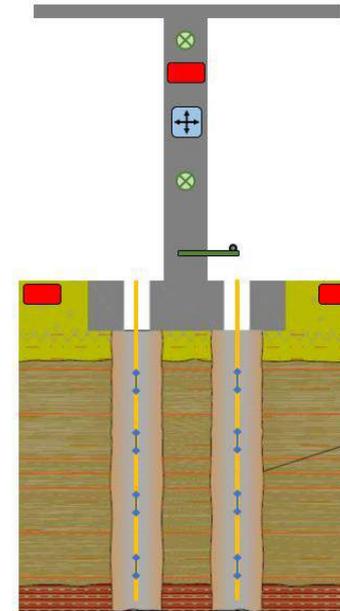
MONITORING

Tiltmeter and accelerometers



Central column

Sorrounding columns



Cortersia Soilmixing S.r.l.

Startup di
SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Pilastro centrale n. 72 – monitoraggio completo	
	N. 3 accelerometri triassiali
	N. 1 Clinometro biassiale
	N. 2 prismi – topografia 3D
	N. 1 staffa di livellazione 1D
	N. 16 (4x4) strain gauges saldabili su barra

Pilastrini al contorno – monitoraggio di controllo Pilastrini nn. 64-65-71-73-79-80	
	N. 12 (2x6) prismi – topografia 3D
	N. 6 (1x6) staffe di livellazione 1D



Ubicazione Stazione Totale Robotizzata



Prof. Massimo Grisolia
Ing. Paolo Marzano

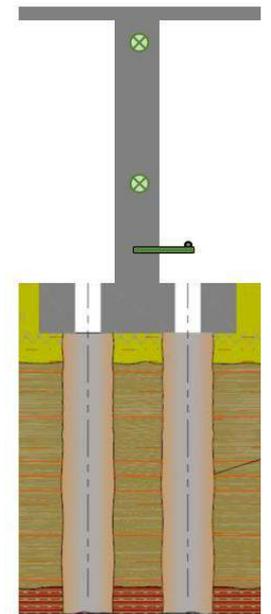
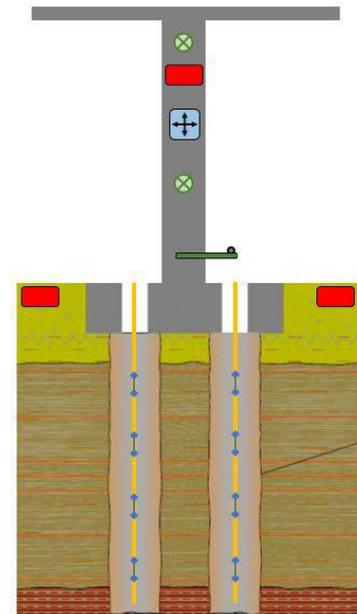
MONITORING

Strain gauges



Central column

Sorrounding columns



Pilastro centrale n. 72 – monitoraggio completo	
	N. 3 accelerometri triassiali
	N. 1 Clinometro biassiale
	N. 2 prismi – topografia 3D
	N. 1 staffa di livellazione 1D
	N. 16 (4x4) strain gauges saldabili su barra

Pilastrini al contorno – monitoraggio di controllo Pilastrini nn. 64-65-71-73-79-80	
	N. 12 (2x6) prismi – topografia 3D
	N. 6 (1x6) staffe di livellazione 1D

Ubicazione Stazione Totale Robotizzata

Cortersia Soilmixing S.r.l.



Startup di
SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Prof. Massimo Grisolia
Ing. Paolo Marzano





2018

GEOFLUID

22^a Mostra Internazionale delle Tecnologie ed Attrezzature per la Ricerca, Estrazione e Trasporto dei Fluidi Sotterranei

Ringrazio e saluto tutti:

mg



Prof. Massimo Grisolia
Ing. Paolo Marzano

..e ALIG ?

**campagna di indagine geotecnica
stratigrafia
caratteristiche fisiche e meccaniche terreni
prove di laboratorio**

**mix design
tipologie - dosaggi di legante
proprietà raggiungibili
prove di laboratorio**

**campi prova
campionatori speciali
prove di laboratorio**

**collaudo..in corso d'opera?
campionatori speciali
prove in sito
prove di laboratorio**



2018

GEOFLUID

22^a Mostra Internazionale delle Tecnologie ed Attrezzature per la Ricerca, Estrazione e Trasporto dei Fluidi Sotterranei



*Prof. Massimo Grisolia
Ing. Paolo Marzano*