



**AGI**  
Associazione  
Geotecnica  
Italiana



MILANO, 21 maggio 2015

# APPLICAZIONI PRATICHE DI JET GROUTING IN TERRENI COMPRESSIBILI

*Relatore:*

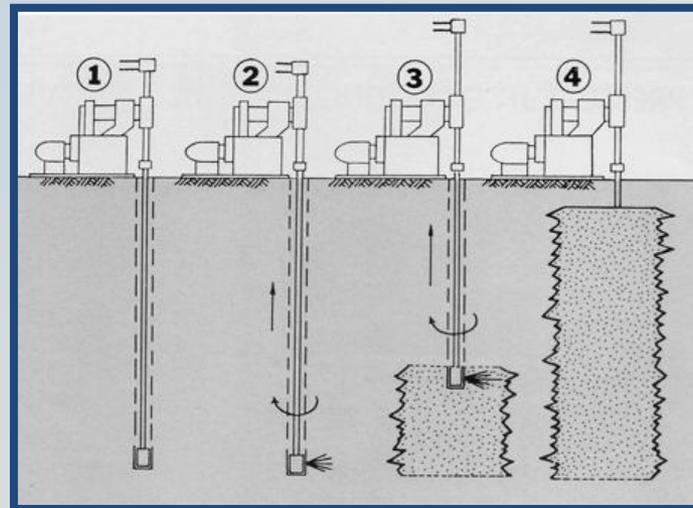
**Ing. PAOLO GIORDANI**

*Reggio Emilia*





## ❖ JET GROUTING



Introduzione

Proprietà

Esempio 1

Esempio 2

Esempio 3

Esempio 4

Esempio 5

Conclusioni

**Sistema di consolidamento del terreno mediante iniezione di miscela cementizia ad alta pressione con lo scopo di migliorarne le caratteristiche meccaniche.**

**NB: non è un palo, ma ne è un' ottima alternativa sia dal punto di vista economico (dimensionamento fondazioni + sottofondazioni) che funzionale (contenimento cedimenti).**



## ❖ IMPIEGO

In quasi tutti i tipi di terreni, anche nei litotipi fini in falda con coesioni abbastanza elevate ( $c_u \leq 150-200$  kPa).

Solo per litotipi altamente inquinati con materiale organico occorre cautela nell'utilizzo (test di cementazione...)

## ❖ NORME

- European Standard: EN 12716 – “Execution of special geotechnical works – Jet Grouting”
- Associazione Geotecnica Italiana: “Jet Grouting – Raccomandazioni”, Edizione Giugno 2012

Parlano di test, controlli vari, parametri di iniezione e modalità di impiego, ma non dicono nulla sulle modalità progettuali.

Purtroppo, anche per la quasi totale mancanza di studio del J.G. da parte del Corpo Accademico, la letteratura tecnica esistente è scarsa e frammentaria. Mancano direttive specifiche affidabili ed è un vero peccato in quanto le potenzialità del J.G. , se ben realizzato, sono considerevoli.

Consiglio la lettura della Relazione tenuta dall'Ing. Angelo Garassino al Seminario di Singapore del 7 aprile 1997, tra i primi ad intuirne il comportamento e le potenzialità.

Introduzione

Proprietà

Esempio 1

Esempio 2

Esempio 3

Esempio 4

Esempio 5

Conclusioni



## ❖ PRINCIPALI CARATTERISTICHE TECNICHE

In litotipi fini compressibili si possono indicare i seguenti dati per il Jet-Grouting:

- PESO SPECIFICO:
- ANGOLO DI ATTRITO
- MODULO ELASTICO:

$$\gamma = 16 - 19 \text{ kN/mc}$$

$$\phi = 28^\circ - 35^\circ$$

$$E = (120 - 150) \times \text{UCS}$$

Introduzione

Proprietà

Esempio 1

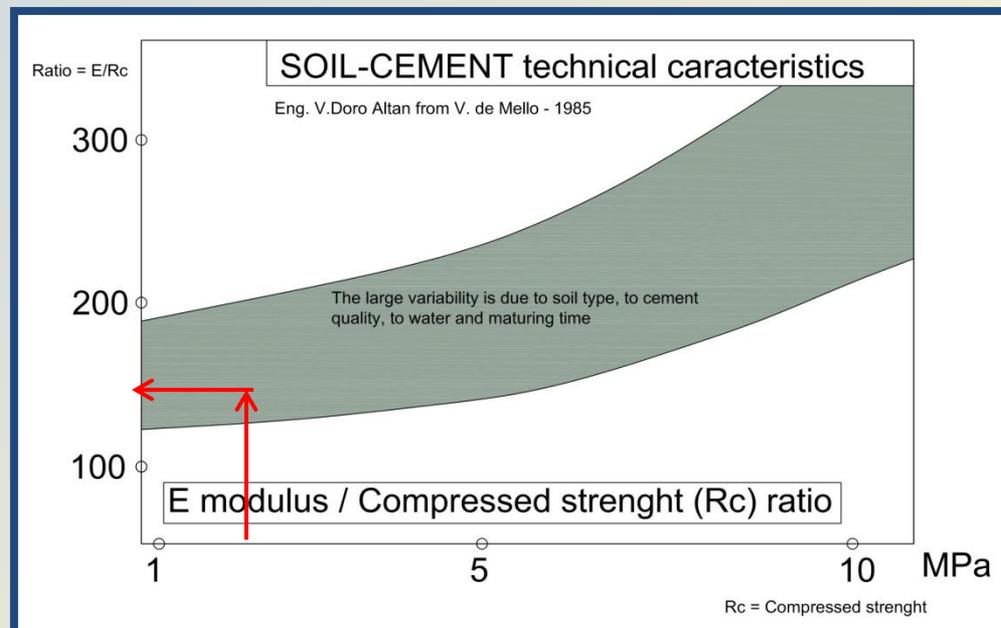
Esempio 2

Esempio 3

Esempio 4

Esempio 5

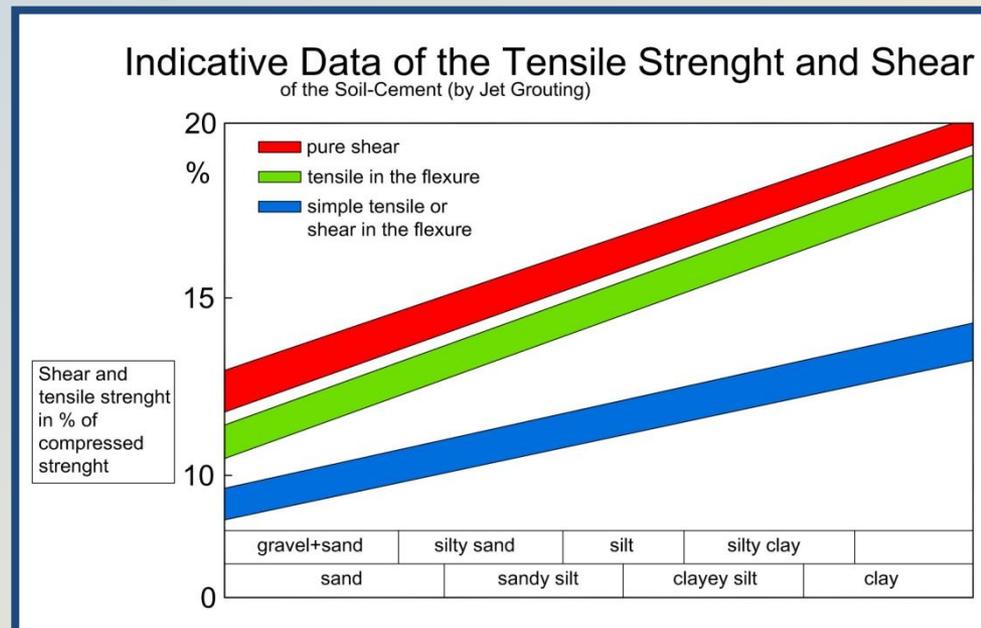
Conclusioni



*Diagramma Ing. Doro Altan – Novatecna – Brasil sulla base delle sperimentazioni del Prof. De Mello*

## ❖ PRINCIPALI CARATTERISTICHE TECNICHE

### • Resistenza al taglio:



• UCS (Resistenza a compressione a 30-60 gg)  $\sigma_c = 1.5-3.0$  MPa

NB: è importante il fatto che il J.G. ha una maturazione più lenta del calcestruzzo, ma anche continua nel tempo, tanto da quasi raddoppiare dopo un anno.

$$\left\{ UCS_{x\_giorni} = UCS_{28\_giorni} * \left( \frac{x\_giorni}{28} \right)^{0.25} \right\}$$

**FORMULA EMPIRICA**  
da prendere  
"con le molle"!!!

Introduzione

Proprietà

Esempio 1

Esempio 2

Esempio 3

Esempio 4

Esempio 5

Conclusioni



## ❖ ESECUZIONE E CONTROLLO

### • PARAMETRI DI INIEZIONE E PROVE DI CARICO

I Parametri di iniezione variano notevolmente in funzione del tipo di terreno, la loro scelta è, a mio avviso, a carico dell'Impresa Esecutrice in funzione delle specifiche di progetto.

Il D.L. verificherà la buona esecuzione con campo prove da farsi prima dell'inizio dei lavori.

Le prove di carico non sono sempre molto indicative in quanto non tengono conto dei cedimenti a lungo termine per consolidazione, così come nei pali.

Essendo il Modulo Elastico del J.G. molto minore rispetto a quello di un palo in cls, una parte del cedimento sarà da imputarsi all'accorciamento elastico della colonna stessa.



Nonostante questo, prove di carico eseguite su colonne jet grouting hanno evidenziato cedimenti inferiori rispetto ai pali tradizionali, registrando valori di rottura per punzonamento del terreno con carichi superiori a 3 volte il carico di esercizio (mia personale esperienza).

Introduzione

Proprietà

Esempio 1

Esempio 2

Esempio 3

Esempio 4

Esempio 5

Conclusioni

## ❖ ESECUZIONE E CONTROLLO

Introduzione

Proprietà

Esempio 1

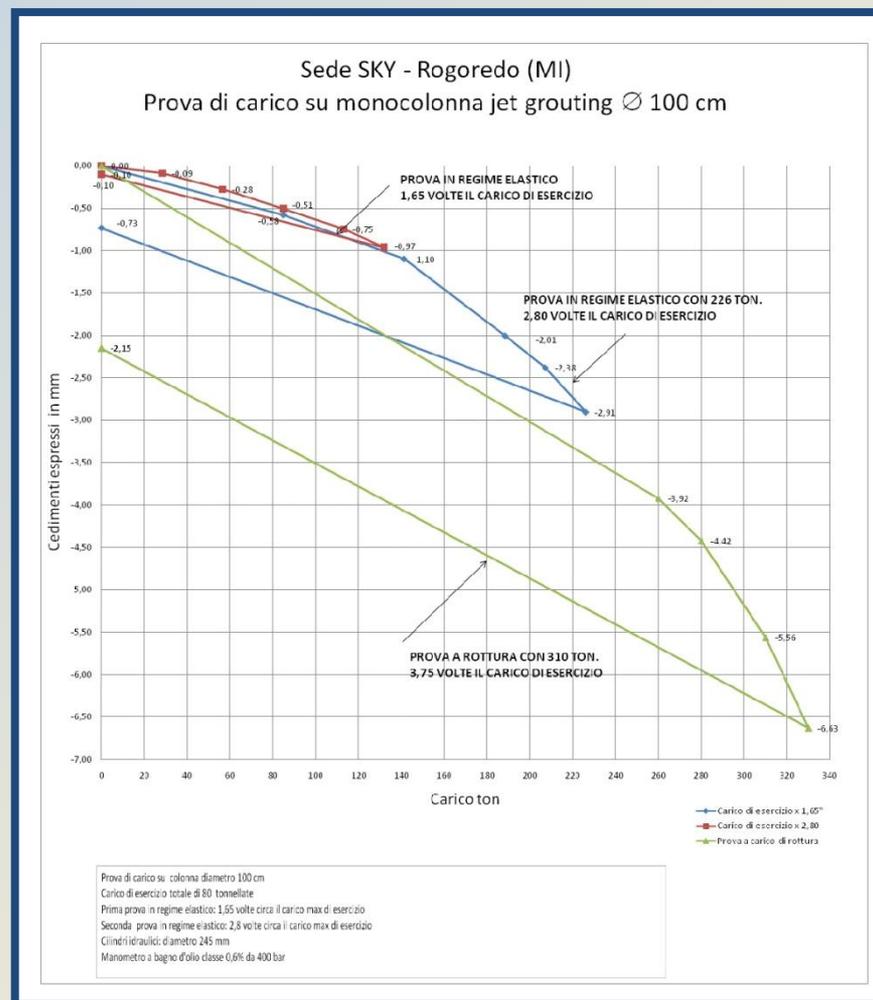
Esempio 2

Esempio 3

Esempio 4

Esempio 5

Conclusioni



Prova di carico su  
colonna Jet-Grouting di  
sottofondazione per la  
nuova sede Sky a  
Rogoredo (MI)  
Progetto strutturale  
Studio Prof. Migliacci



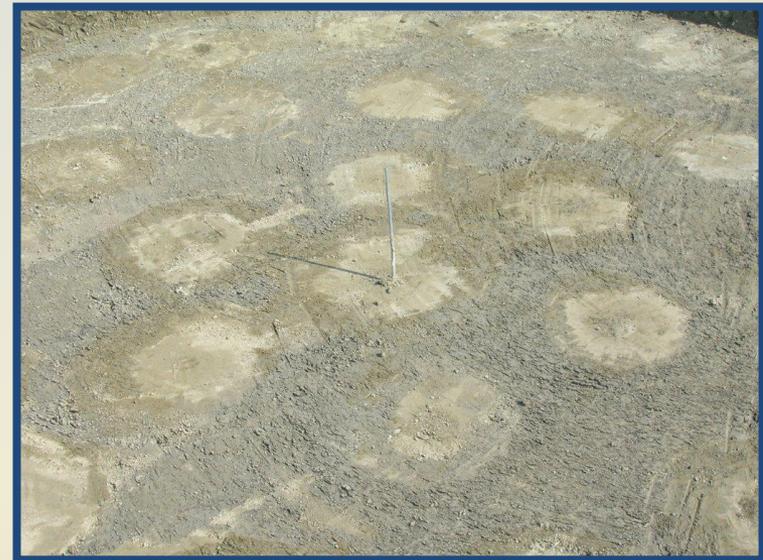
## ❖ COMPORTAMENTO IN REGIME DINAMICO

1) In accordo con quanto sostenuto anche dalla Prof. Teresa Crespellani della Università di Firenze:

“La tecnica del J.G. rientra tra quelle migliori da usarsi nelle zone sismiche per i numerosi vantaggi che offre, tra i quali quello di modificare la risposta del terreno riducendone gli effetti amplificativi”.

2) Tale effetto si evidenzia in particolare quando il consolidamento J.G. non avviene solo localmente sotto plinti o solette isolate, ma nel caso di consolidamenti distribuiti (platee di fondazione, platee per silos e serbatoi).

In questo caso si può parlare di “miglioramento globale” delle caratteristiche meccaniche del terreno e quindi della sua rigidità.



Introduzione

Proprietà

Esempio 1

Esempio 2

Esempio 3

Esempio 4

Esempio 5

Conclusioni

## ❖ COMPORTAMENTO IN REGIME DINAMICO

- **PRESENZA DI STRATO DI TERRENO LIQUEFACIBILE O DI RIGIDEZZA NOTEVOLMENTE INFERIORE RISPETTO AGLI STRATI ADIACENTI:**

In presenza di litotipi liquefacibili o di strati di terreno adiacenti con grande variazione di rigidità e quindi di  $V_s$ , il Jet Grouting si presenta di grande efficacia a contrastare le sollecitazioni dinamiche indotte per interazione cinematica e inerziale.

Introduzione

Proprietà

Esempio 1

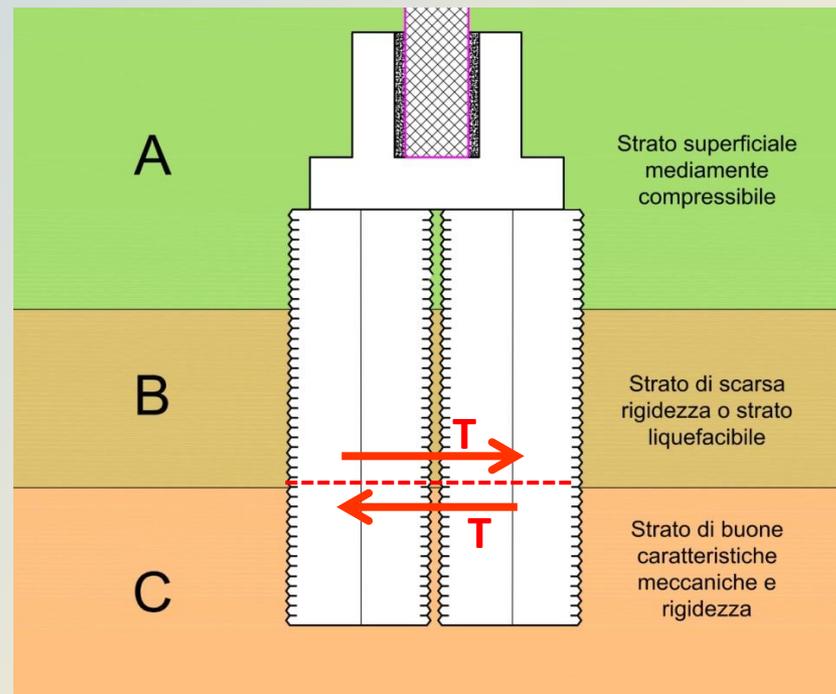
Esempio 2

Esempio 3

Esempio 4

Esempio 5

Conclusioni



**Es. Plinto su 4 colonne J.G.  
Diametro 140 cm**



## ❖ COMPORTAMENTO IN REGIME DINAMICO

1) **INTERAZIONE CINEMATICA:** Data la dimensione del consolidamento ( $A > 60000$  cmq) non si può parlare di formazione di cerniera plastica per interazione cinematica tra gli strati A-B e B-C. Siamo quindi in presenza di sollecitazione tagliante ben assorbita dalla grande superficie di terreno consolidato.

2) **INTERAZIONE INERZIALE:** Si verificano le tensioni massime di compressione sull'area trattata parzializzata come nel caso di fondazioni dirette (SLU-SLV). L'azione tagliante viene assorbita dall'attrito fondazione – terreno trattato con lo stesso meccanismo delle fondazioni dirette. In seguito si verifica la efficacia del trattamento che è quasi sempre dettata dalla limitazione dei cedimenti assoluti e differenziali per i carichi di esercizio (SLE).

**E' VIVAMENTE SCONSIGLIATO ARMARE LE COLONNE JET-GROUTING CON TUBO IN ACCIAIO DA ANCORARSI ALLA SOLETTA DI FONDAZIONE PER ASSORBIRE AZIONI DI TRAZIONE DIMINUENDO COSI' LA SUPERFICIE CONSOLIDATA. L'AZIONE TAGLIANTE ALLA BASE VERREBBE ASSORBITA DALL'ARMATURA CON GRAVE PERICOLO PER LA INTEGRITA' DELLE COLONNE STESSE DATA LA ENORME DIFFERENZA DI MODULO ELASTICO TRA L'ACCIAIO DEI TUBI DI ARMATURA E IL TERRENO CONSOLIDATO.**

Introduzione

Proprietà

Esempio 1

Esempio 2

Esempio 3

Esempio 4

Esempio 5

Conclusioni

## ❖ TRATTAMENTO LOCALE DEL TERRENO

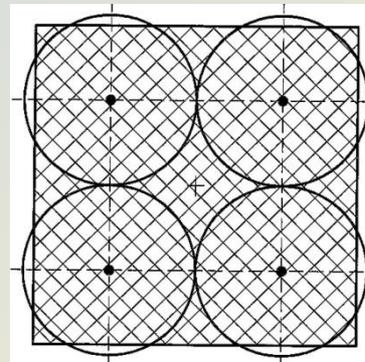
### • DESCRIZIONE:

Tattamento localizzato mediante colonne jet-grouting in corrispondenza di carichi puntuali.

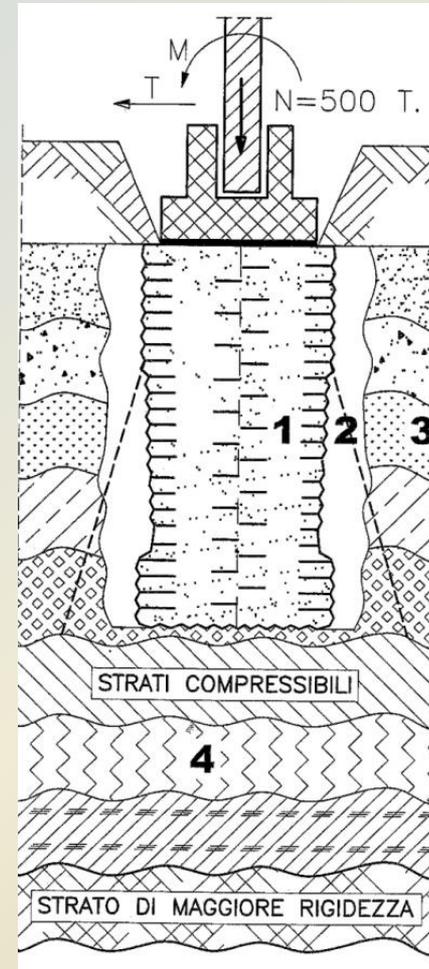
### • APPLICAZIONI:

Edifici civili ed industriali con struttura composta principalmente da pilastri più o meno distanti tra loro.

È il classico caso di utilizzo del jet-grouting in alternativa al palo tradizionale.



Pianta



- 1) *Terreno consolidato mediante J.G.*
- 2) *Strati di terreno influenzati positivamente dal consolidamento che ne ha migliorato le caratteristiche.*
- 3) *Strati di terreno che presentano caratteristiche geotecniche invariate dopo il consolidamento.*
- 4) *Strati di terreno interessati da cedimenti*

Sezione

Introduzione

Proprietà

Esempio 1

Esempio 2

Esempio 3

Esempio 4

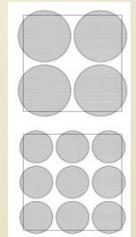
Esempio 5

Conclusioni

## ❖ TRATTAMENTO LOCALE DEL TERRENO

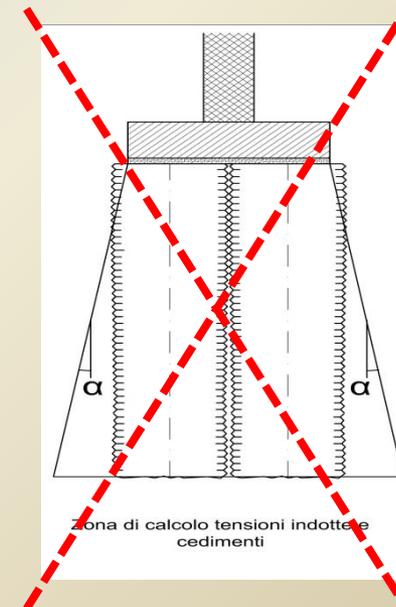
### • PROGETTAZIONE:

- 1) Stabilito il carico di rottura del litotipo consolidato si progettano le superfici da trattare in corrispondenza di ogni pilastro o setto tenendo conto della parzializzazione per azioni dinamiche (verifiche allo SLU e SLV).
- 2) Le superfici da trattare vengono assimilate ad un insieme di colonne circolari (normalmente 4 o 9) a seconda del diametro massimo realizzabile.
- 3) Ottenute le caratteristiche geotecniche dei vari strati di terreno interessati si verifica l'efficacia del trattamento dal punto di vista geotecnico (cedimenti) sulla base dei carichi di esercizio (verifica allo SLE).



**NB:** Il calcolo della portanza geotecnica di una colonna Jet-Grouting assimilandola ad un palo non è da farsi in quanto enormemente cautelativo e quindi antieconomico.

Il calcolo dei cedimenti con il Metodo Edometrico o del Continuo Elastico mediante il trasferimento del carico in profondità porta ad ottenere valori molto più grandi dei reali ottenuti da prove di carico tenendo conto anche dei cedimenti a lungo termine per consolidazione.



Introduzione

Proprietà

Esempio 1

Esempio 2

Esempio 3

Esempio 4

Esempio 5

Conclusioni



## ❖ TRATTAMENTO LOCALE DEL TERRENO

### • PROGETTAZIONE:

Si può utilizzare un codice di calcolo agli elementi finiti con simulazione del comportamento elasto-plastico del terreno mediante il classico modello Mohr-Coulomb che richiede un numero minimo di parametri geotecnici ( $c'$ ;  $\varphi'$ ;  $E'$ ;  $\nu$ ;  $\gamma'$ ).

**NB: non è consigliabile adottare modelli costitutivi più complessi per l'incertezza nella valutazione di ulteriori parametri geotecnici secondari richiesti (spesso non disponibili).**

**Attenzione alla valutazione dei moduli di elasticità drenati dei vari strati di terreno che dipendono dallo stato tensionale e che spesso vengono riportati nelle relazioni con valori troppo cautelativi a scapito della economia del progetto (oggi di grande importanza).**

Introduzione

Proprietà

Esempio 1

Esempio 2

Esempio 3

Esempio 4

Esempio 5

Conclusioni





## ❖ TRATTAMENTO LOCALE DEL TERRENO

### • CONSIDERAZIONI E VANTAGGI:

- Spesso se non sempre questo sistema di sottofondazione è vantaggioso economicamente rispetto alla soluzione con palo (mia personale opinione sulla base di molti progetti realizzati) senza essere meno efficace dal punto di vista statico (minori cedimenti).
- Assenza di disturbo nel terreno in loco.
- Elevata portata laterale anche per la geometria stessa della colonna J.G.
- Cedimenti reali ottenuti da prove sperimentali inferiori a quelli ottenuti da modelli di calcolo.
- In terreni saturi compressibili anche per grossi carichi il consolidamento non necessita quasi mai di essere spinto sino a litotipi compatti in profondità (si parla mediamente di lunghezze varibili da 5 a 10-12 m).



Introduzione

Proprietà

Esempio 1

Esempio 2

Esempio 3

Esempio 4

Esempio 5

Conclusioni



## ❖ TRATTAMENTO LOCALE DEL TERRENO

### • ESEMPIO:fabbricato industriale Gambro Bloodline–Medolla(MO)-2013

Introduzione

Proprietà

Esempio 1

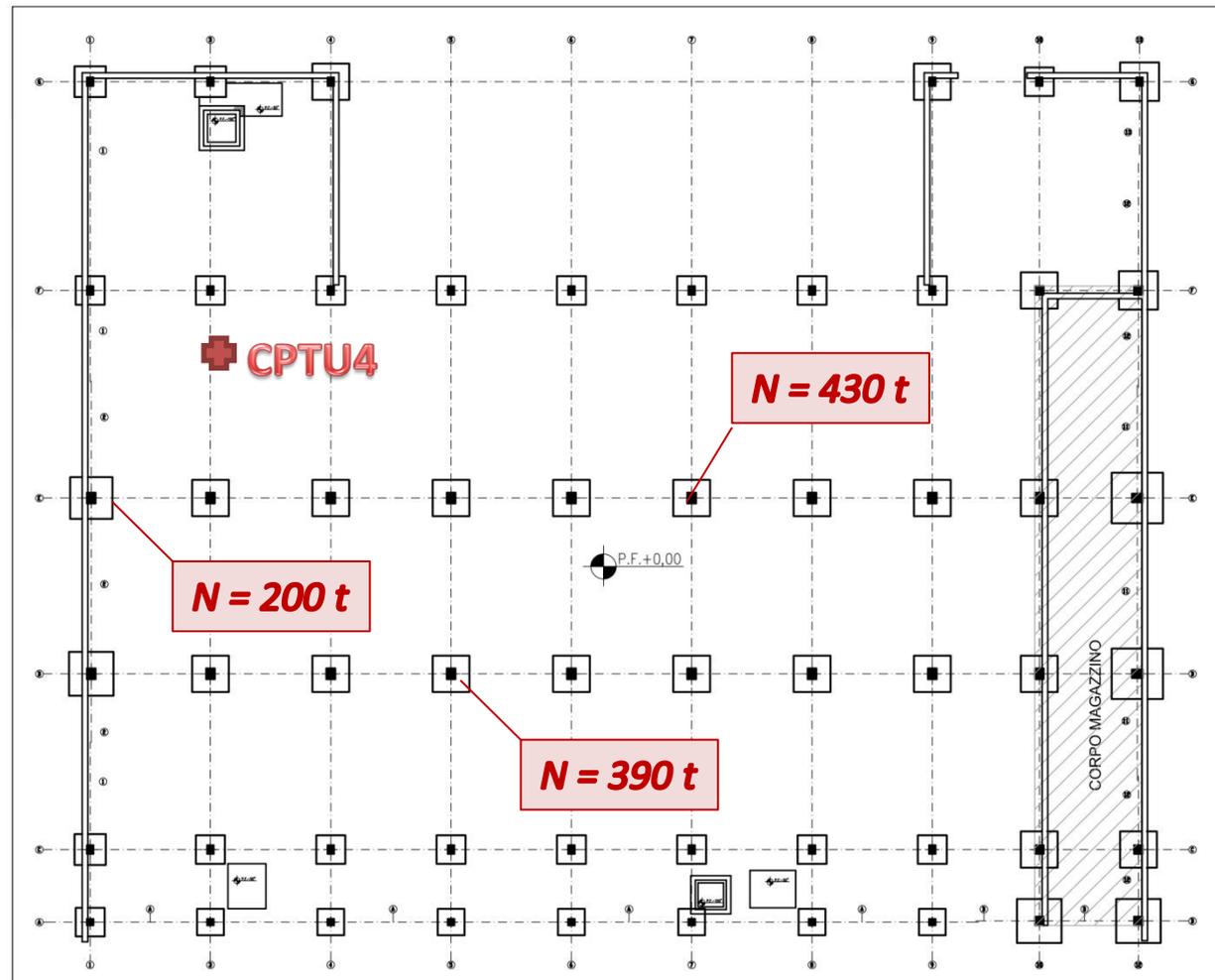
Esempio 2

Esempio 3

Esempio 4

Esempio 5

Conclusioni





## ❖ TRATTAMENTO LOCALE DEL TERRENO

### • ESEMPIO:fabbricato industriale Gambro Bloodline–Medolla(MO)-2013

Introduzione

Proprietà

Esempio 1

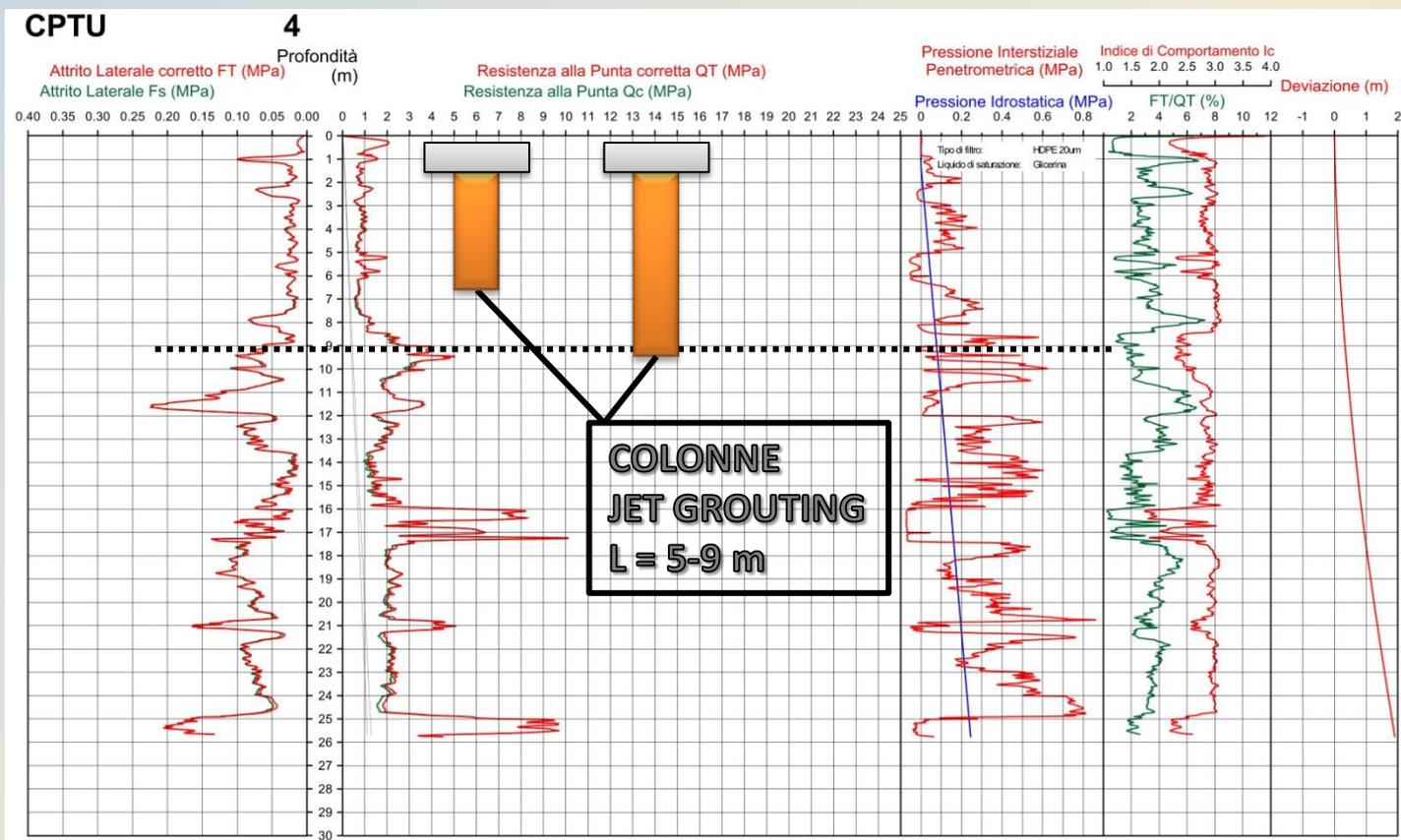
Esempio 2

Esempio 3

Esempio 4

Esempio 5

Conclusioni





## ❖ TRATTAMENTO LOCALE DEL TERRENO

### • ESEMPIO:fabbricato industriale Gambro Bloodline–Medolla(MO)-2013

Introduzione

Proprietà

Esempio 1

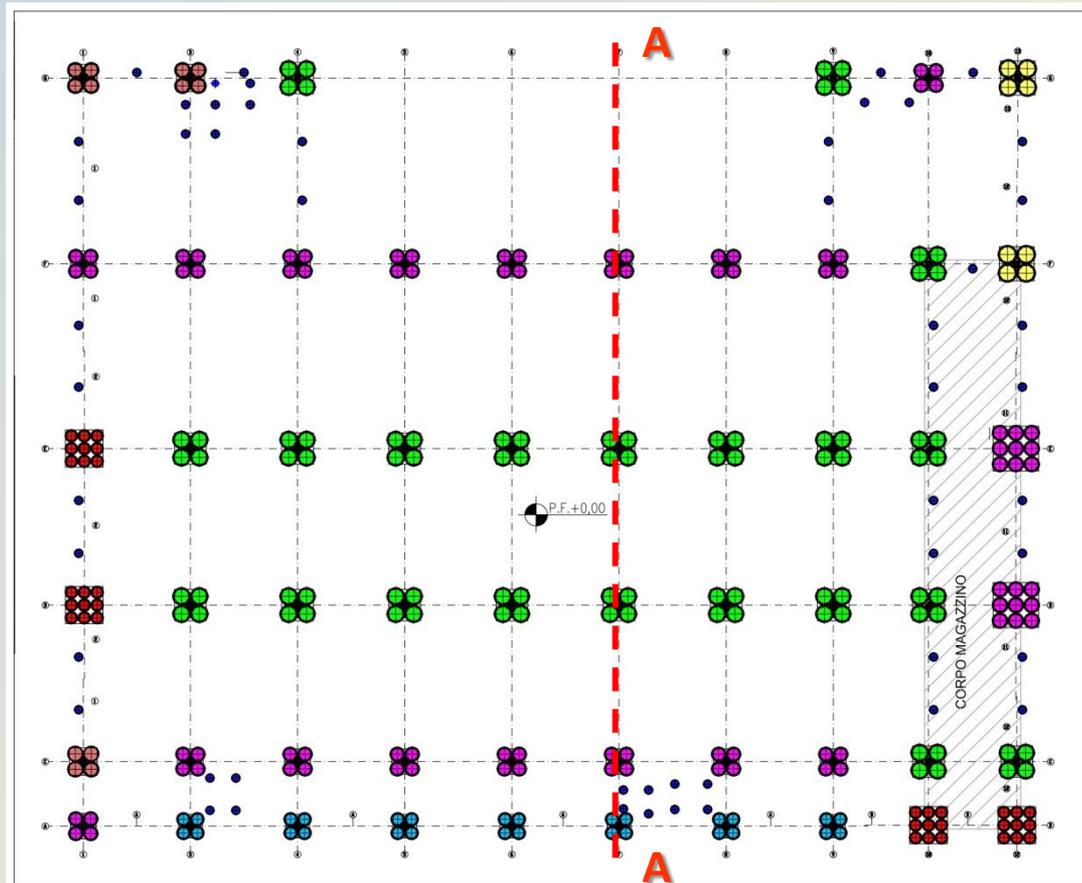
Esempio 2

Esempio 3

Esempio 4

Esempio 5

Conclusioni



	CONSOLIDAMENTO TIPO " A " MONOCOLONNE JET GROUTING Ø80
	CONSOLIDAMENTO TIPO " B " 4 COLONNE JET GROUTING Ø130 TESTA Ø110 BASE i=140 PLINTO 240X240
	CONSOLIDAMENTO TIPO " C " 4 COLONNE JET GROUTING Ø140 TESTA Ø120 BASE i=150 PLINTO 260X260
	CONSOLIDAMENTO TIPO " D " 4 COLONNE JET GROUTING Ø150 TESTA Ø130 BASE i=160 PLINTO 280X280
	CONSOLIDAMENTO TIPO " E " 4 COLONNE JET GROUTING Ø170 TESTA Ø150 BASE i=180 PLINTO 330X330
	CONSOLIDAMENTO TIPO " F " 4 COLONNE JET GROUTING Ø180 TESTA Ø160 BASE i=190 PLINTO 350X350
	CONSOLIDAMENTO TIPO " G " 9 COLONNE JET GROUTING Ø120 TESTA Ø100 BASE i=130 PLINTO 400X400
	CONSOLIDAMENTO TIPO " H " 4 COLONNE JET GROUTING Ø150 TESTA Ø130 BASE i=160 PLINTO 460X460

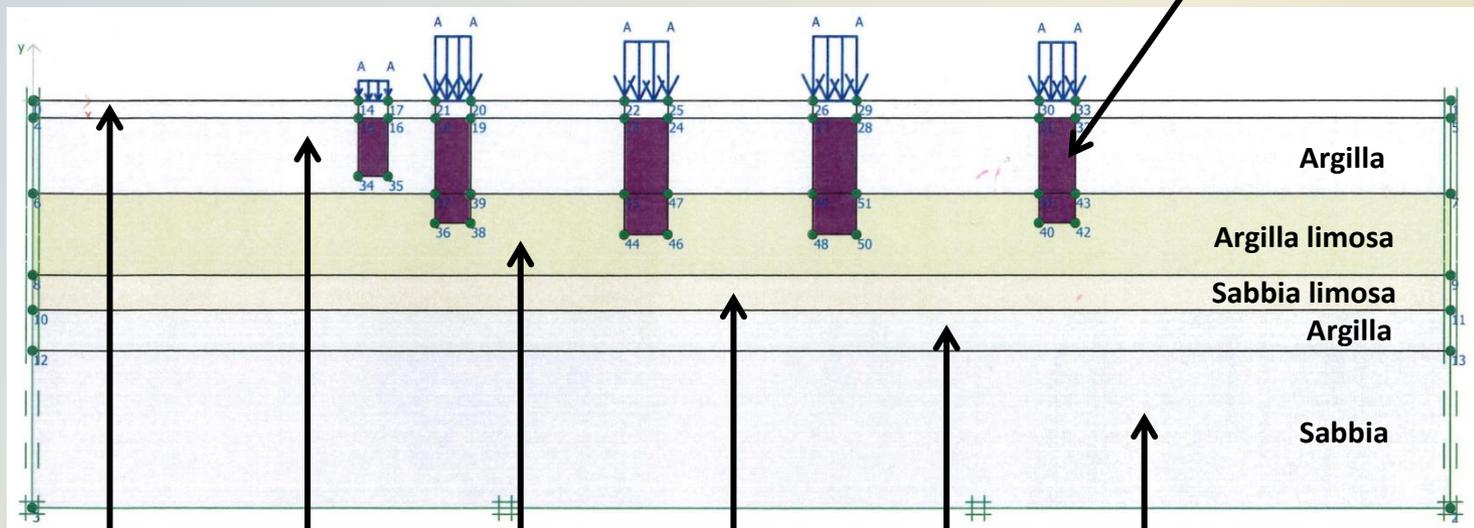


## ❖ TRATTAMENTO LOCALE DEL TERRENO

### • ESEMPIO:fabbricato industriale Gambro Bloodline–Medolla(MO)-2013

Sezione A-A : schema bidimensionale con modello costitutivo Mohr - Coulomb

JETTING:  
 $E= 350\text{Mpa}$   
 $\nu=0.25$



**RIPORTO:**  
 $E= 15\text{ Mpa}$   
 $\nu=0.35$   
 $c'=1\text{ kPa}$   
 $\varphi'=30^\circ$

**STRATO 1:**  
 $E= 12\text{ Mpa}$   
 $\nu=0.35$   
 $c'=13\text{ kPa}$   
 $\varphi'=22^\circ$

**STRATO 2:**  
 $E= 24\text{ Mpa}$   
 $\nu=0.35$   
 $c'=24\text{ kPa}$   
 $\varphi'=22^\circ$

**STRATO 3:**  
 $E= 28\text{ Mpa}$   
 $\nu=0.30$   
 $c'=1\text{ kPa}$   
 $\varphi'=31^\circ$

**STRATO 4:**  
 $E= 22\text{ Mpa}$   
 $\nu=0.35$   
 $c'=20\text{ kPa}$   
 $\varphi'=21^\circ$

**STRATO 5:**  
 $E= 45\text{ Mpa}$   
 $\nu=0.30$   
 $c'=1\text{ kPa}$   
 $\varphi'=32^\circ$

Introduzione

Proprietà

Esempio 1

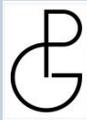
Esempio 2

Esempio 3

Esempio 4

Esempio 5

Conclusioni



## ❖ TRATTAMENTO LOCALE DEL TERRENO

### • ESEMPIO:fabbricato industriale Gambro Bloodline–Medolla(MO)-2013

Introduzione

Proprietà

Esempio 1

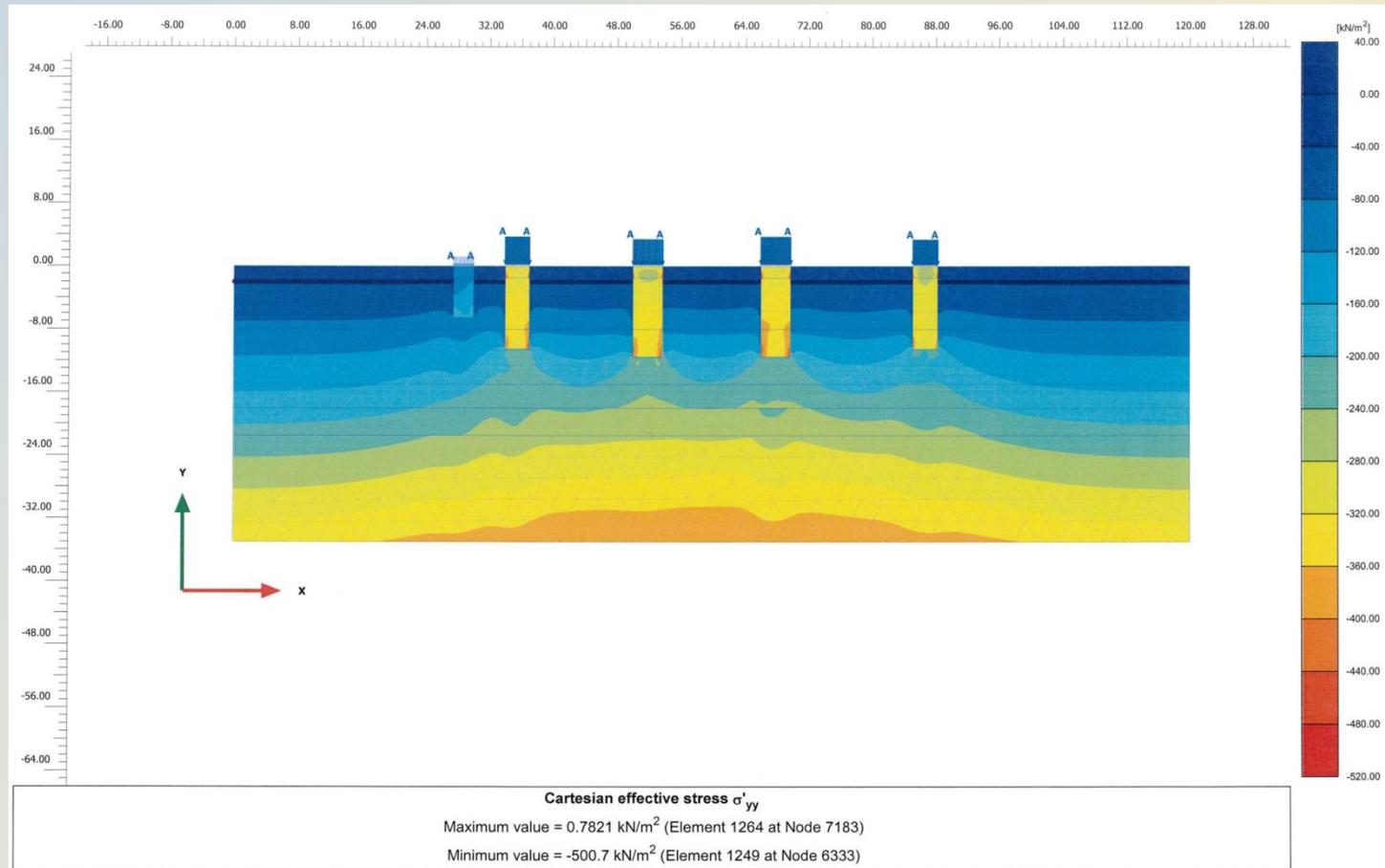
Esempio 2

Esempio 3

Esempio 4

Esempio 5

Conclusioni



*Tensioni efficaci*



## ❖ TRATTAMENTO LOCALE DEL TERRENO

### • ESEMPIO:fabbricato industriale Gambro Bloodline–Medolla(MO)-2013

Introduzione

Proprietà

Esempio 1

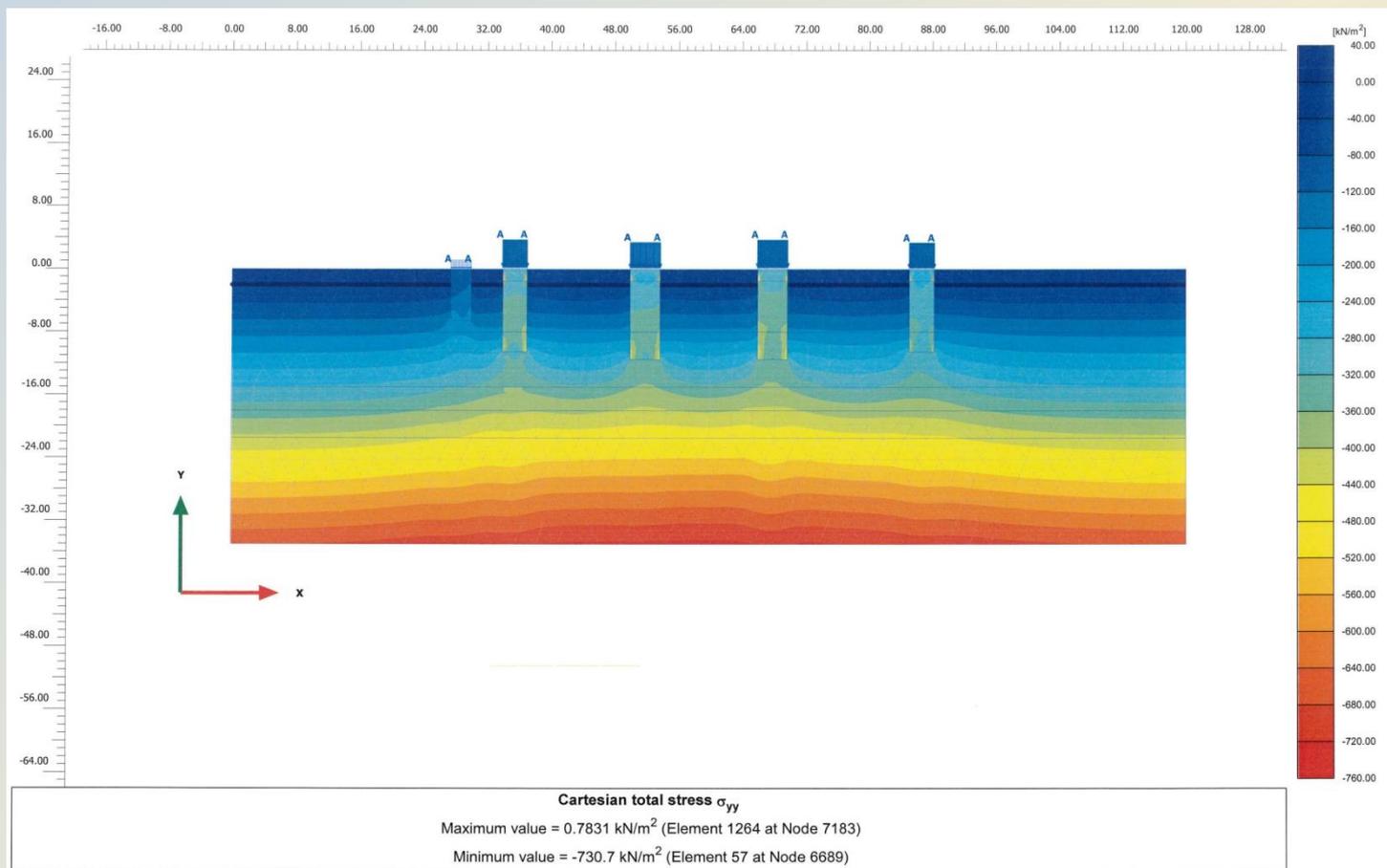
Esempio 2

Esempio 3

Esempio 4

Esempio 5

Conclusioni



*Tensioni totali*



## ❖ TRATTAMENTO LOCALE DEL TERRENO

### • ESEMPIO:fabbricato industriale Gambro Bloodline–Medolla(MO)-2013

Introduzione

Proprietà

Esempio 1

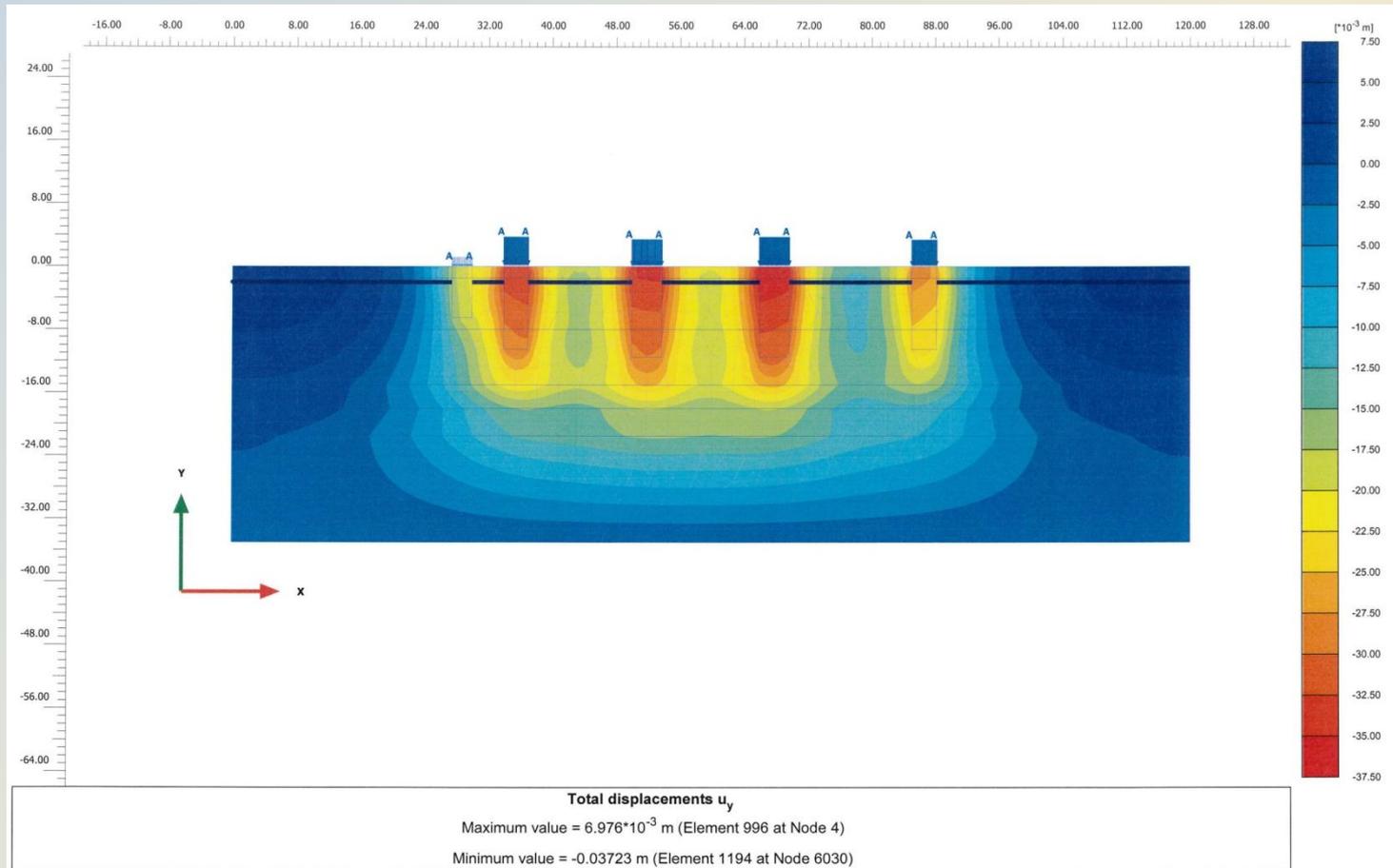
Esempio 2

Esempio 3

Esempio 4

Esempio 5

Conclusioni



*Cedimenti a breve termine*



## ❖ TRATTAMENTO LOCALE DEL TERRENO

### • ESEMPIO:fabbricato industriale Gambro Bloodline–Medolla(MO)-2013

Introduzione

Proprietà

Esempio 1

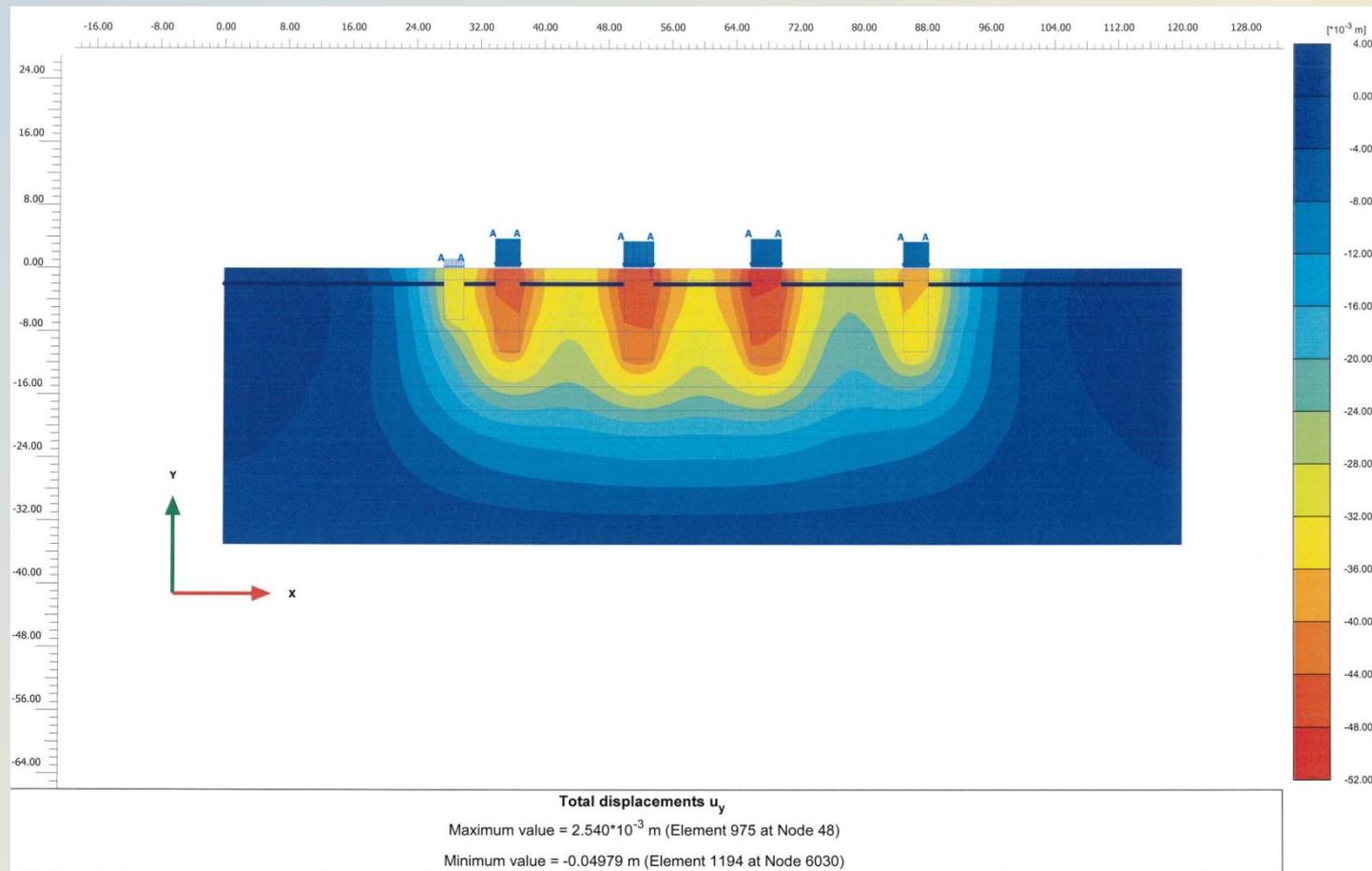
Esempio 2

Esempio 3

Esempio 4

Esempio 5

Conclusioni



*Cedimenti a lungo termine*



## ❖ TRATTAMENTO GLOBALE DI UN VOLUME DI TERRENO

- **DESCRIZIONE:**

Tattamento colonnare volto al miglioramento delle caratteristiche meccaniche e di deformazione dei terreni di fondazione.

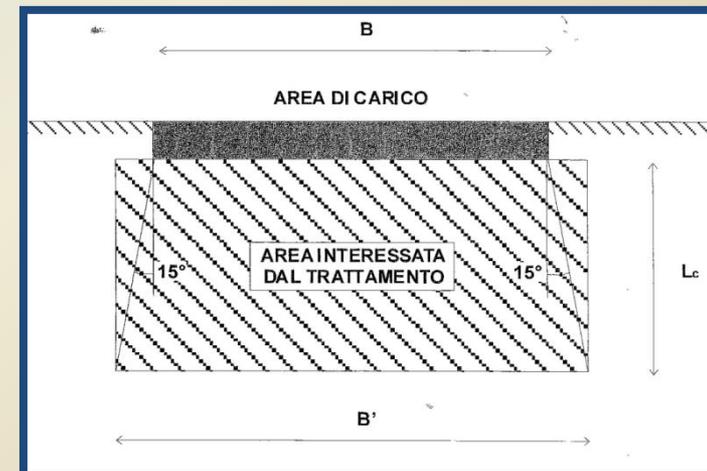
- **APPLICAZIONI:**

Platee di fondazione con carichi importanti in presenza di terreni compressibili, con funzione principale consistente nella riduzione dei cedimenti assoluti e differenziali a breve e lungo termine.

- **REQUISITI:**

Il trattamento colonnare deve interessare una superficie superiore a quella di impronta della fondazione (vedi schema). L'interasse delle colonne non sarà superiore a 2,5-3 volte il diametro delle colonne stesse.

L'area complessiva del terreno trattato è funzione della litologia e dei carichi (normalmente varia da un 8% a un 15-20%). Lo spessore del trattamento o lunghezza delle colonne è anch'essa funzione della litologia e dei carichi.



Introduzione

Proprietà

Esempio 1

Esempio 2

Esempio 3

Esempio 4

Esempio 5

Conclusioni



## ❖ TRATTAMENTO GLOBALE DI UN VOLUME DI TERRENO

### • PROGETTO:

Metodi semplificati di:

- Broms & Boman (1978)
- Clancy & Randolph (1993)

Si basano su tecniche di omogeneizzazione volte a stabilire le caratteristiche meccaniche e di deformabilità del terreno trattato.

Introduzione

Proprietà

Esempio 1

Esempio 2

Esempio 3

Esempio 4

Esempio 5

Conclusioni

La maglia di trattamento è fissata in modo tale da soddisfare l'espressione seguente:

$$\sigma_{col} = \frac{q_{es}}{\frac{A_{col}}{A_{tot}} + \frac{E_t}{E_{col}} * \left(1 - \frac{A_{col}}{A_{tot}}\right)} \leq \sigma_{amm}$$

dove:

$\sigma_{col}$  = tensione media relativa alla singola colonna

$q_{es}$  = tensione di esercizio

$A_{col}$  = area della sezione della singola colonna

$A_{tot}$  = area di influenza che compete alla singola colonna

$E_t$  = modulo elastico medio del terreno

$E_{col}$  = modulo elastico medio della colonna

$\sigma_{amm}$  = tensione ammissibile relativa alla singola colonna

E il valore medio del modulo elastico ( $E_m$ ) del terreno trattato è ottenibile mediante l'espressione seguente:

$$E_m = \frac{A_{col}}{A_{tot}} * E_{col} + \left(1 - \frac{A_{col}}{A_{tot}}\right) * E_t$$

## ❖ TRATTAMENTO GLOBALE DI UN VOLUME DI TERRENO

- ESEMPIO: vasche per biogas ad Argenta (FE) - 2012

Introduzione

Proprietà

Esempio 1

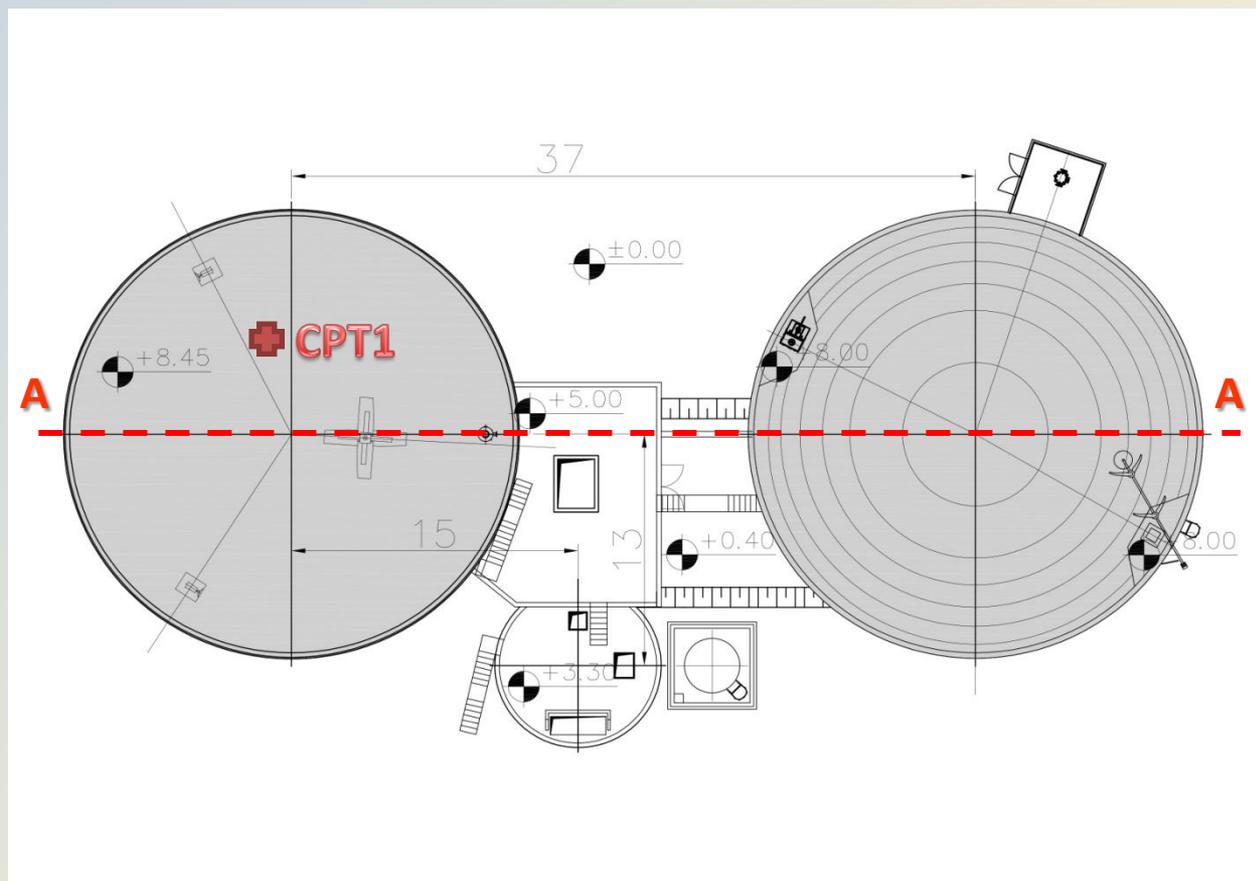
Esempio 2

Esempio 3

Esempio 4

Esempio 5

Conclusioni





# ❖ TRATTAMENTO GLOBALE DI UN VOLUME DI TERRENO

## • ESEMPIO: vasche per biogas ad Argenta (FE) - 2012

Introduzione

Proprietà

Esempio 1

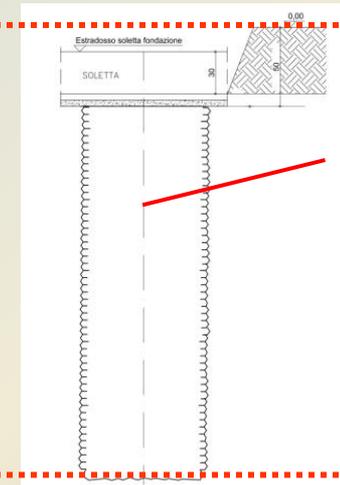
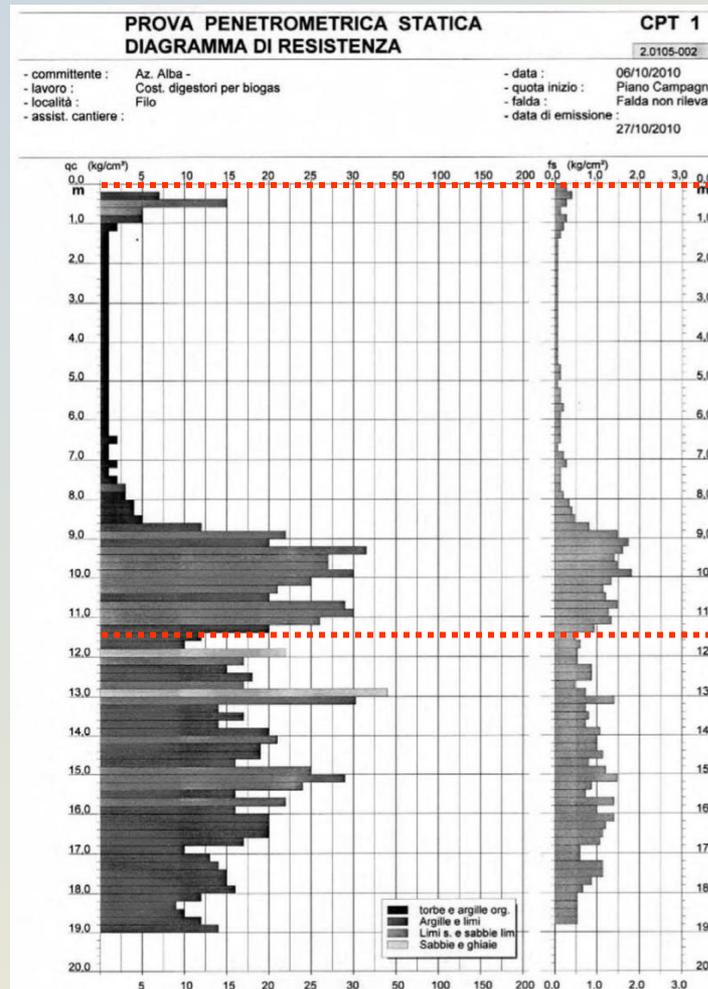
Esempio 2

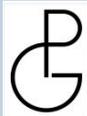
Esempio 3

Esempio 4

Esempio 5

Conclusioni





## ❖ TRATTAMENTO GLOBALE DI UN VOLUME DI TERRENO

### • ESEMPIO: vasche per biogas ad Argenta (FE) - 2012

Introduzione

Proprietà

Esempio 1

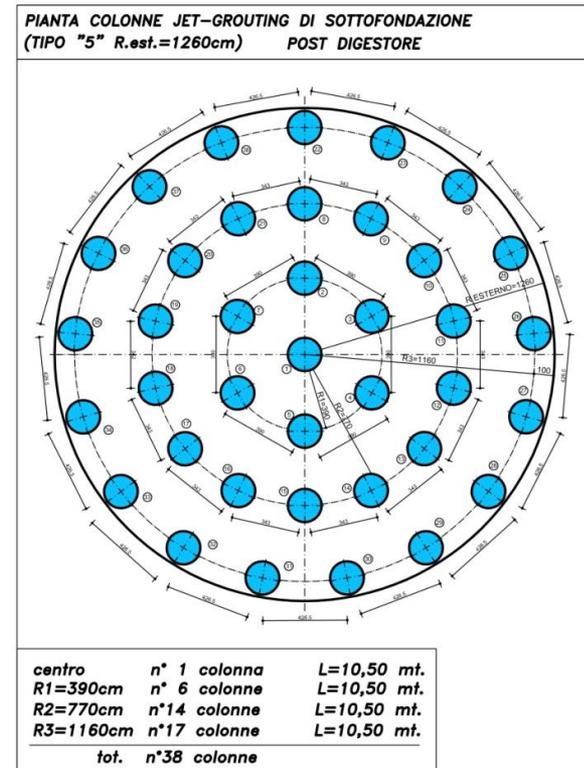
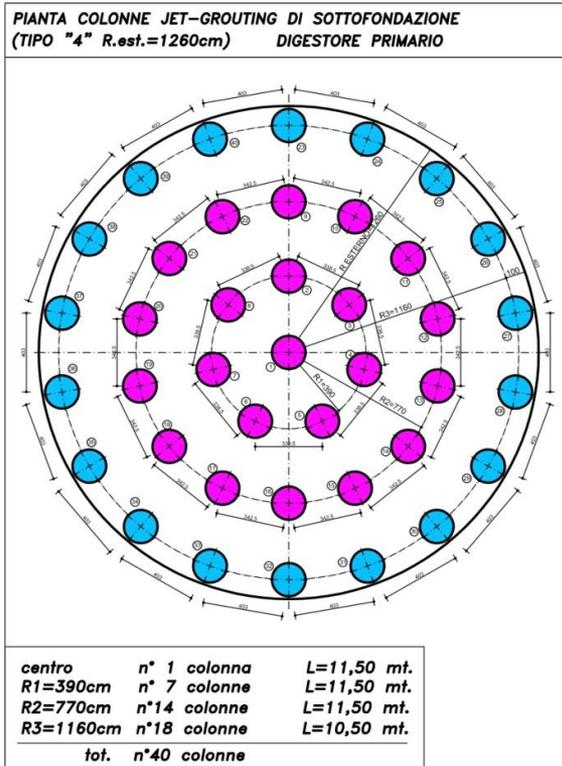
Esempio 2

Esempio 3

Esempio 4

Esempio 5

Conclusioni



Ntot = 8000 ton

Ntot = 7000 ton





## ❖ TRATTAMENTO GLOBALE DI UN VOLUME DI TERRENO

### • ESEMPIO: vasche per biogas ad Argenta (FE) - 2012

Introduzione

Proprietà

Esempio 1

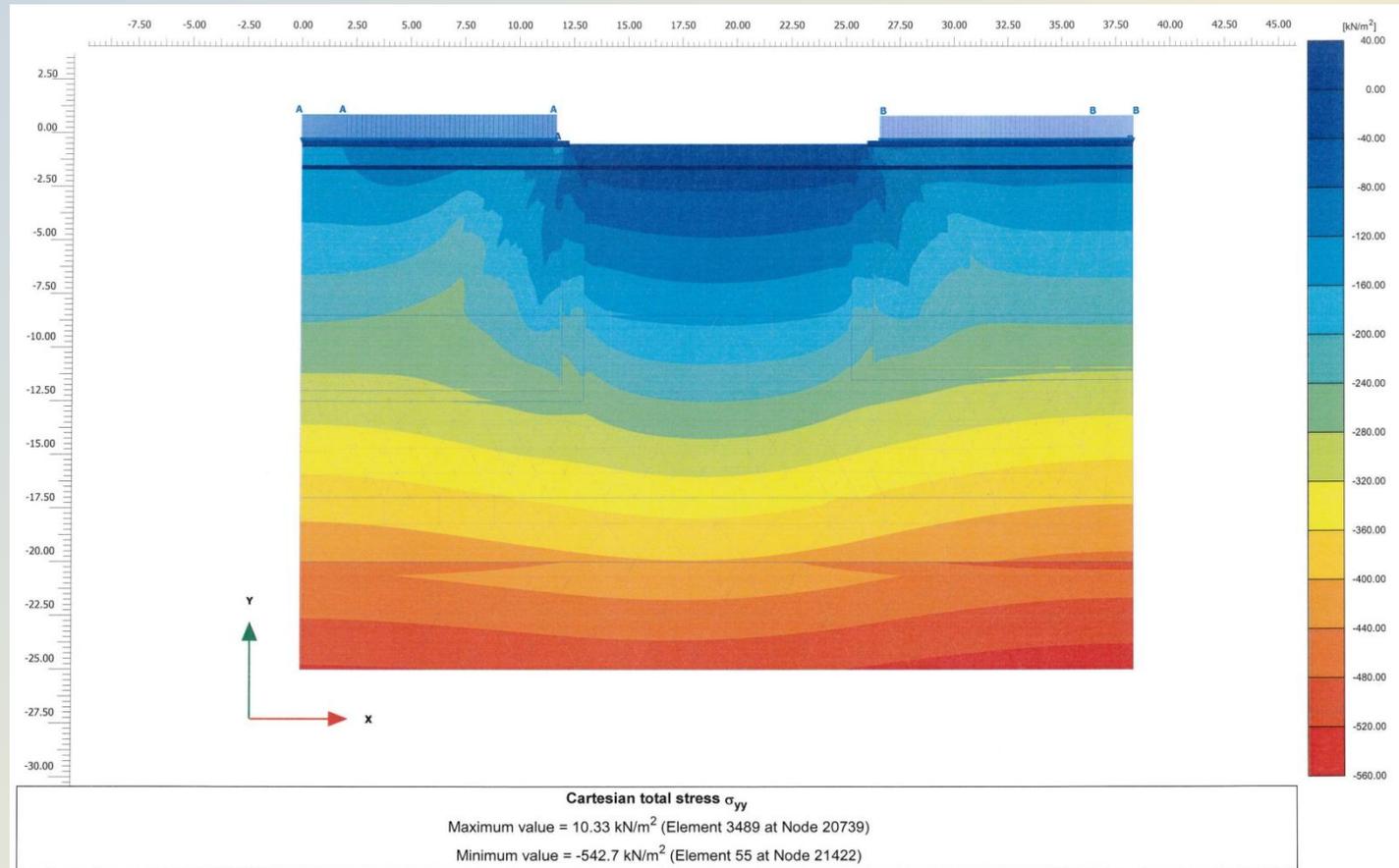
Esempio 2

Esempio 3

Esempio 4

Esempio 5

Conclusioni



*Tensioni totali risultanti sul terreno*



## ❖ TRATTAMENTO GLOBALE DI UN VOLUME DI TERRENO

### • ESEMPIO: vasche per biogas ad Argenta (FE) - 2012

Introduzione

Proprietà

Esempio 1

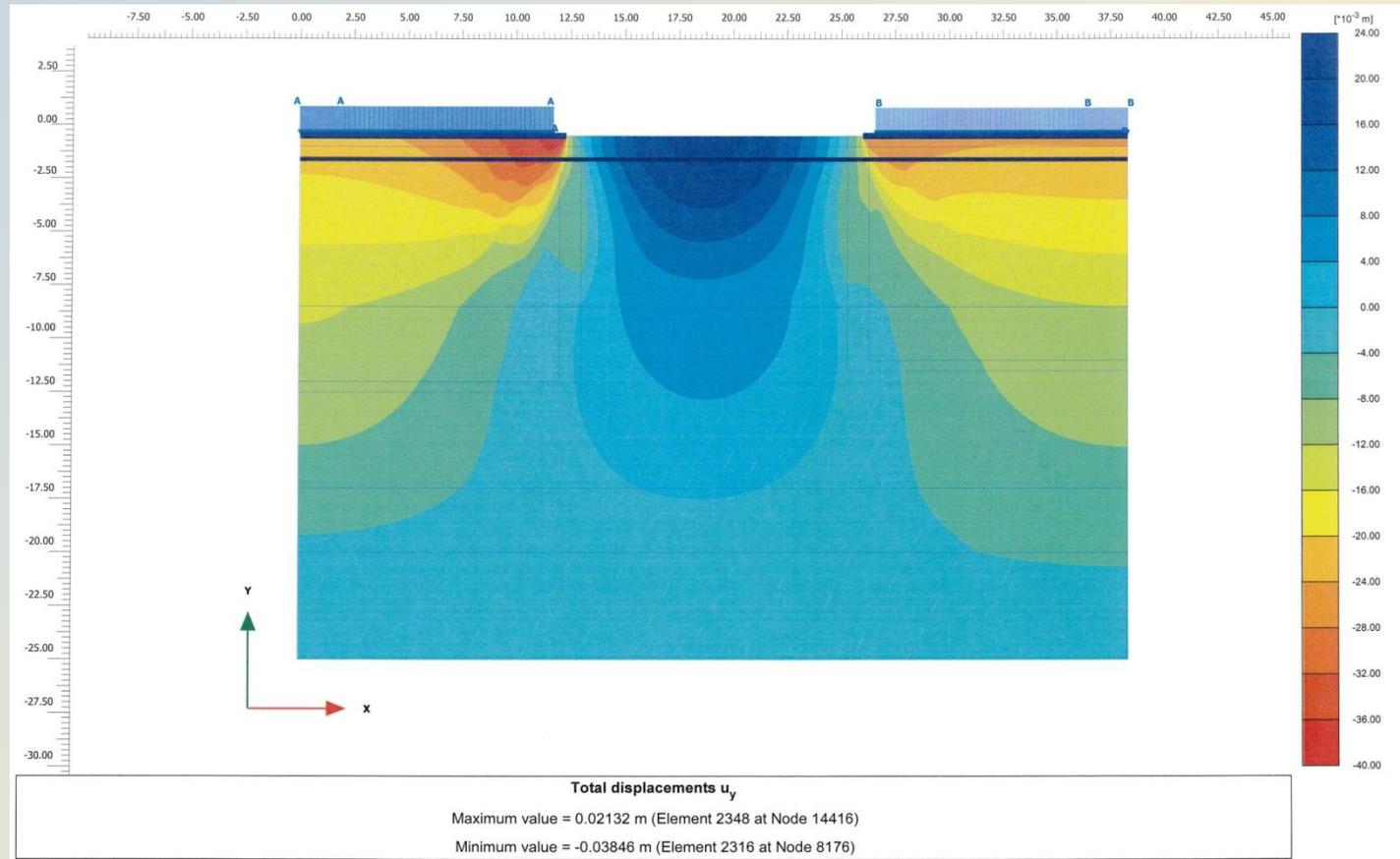
Esempio 2

Esempio 3

Esempio 4

Esempio 5

Conclusioni



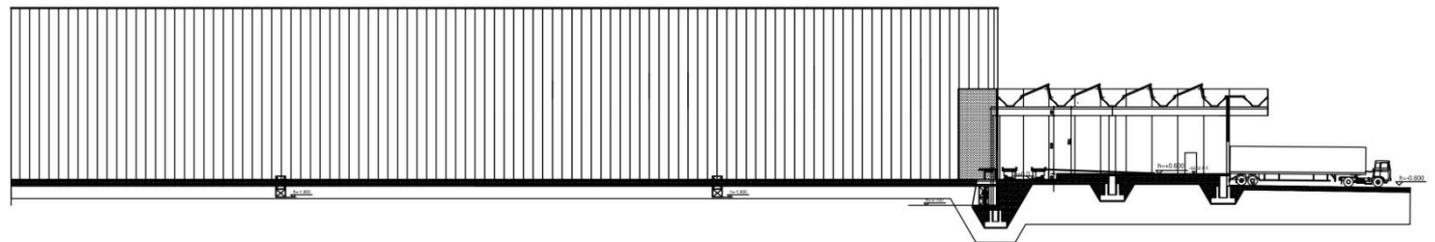
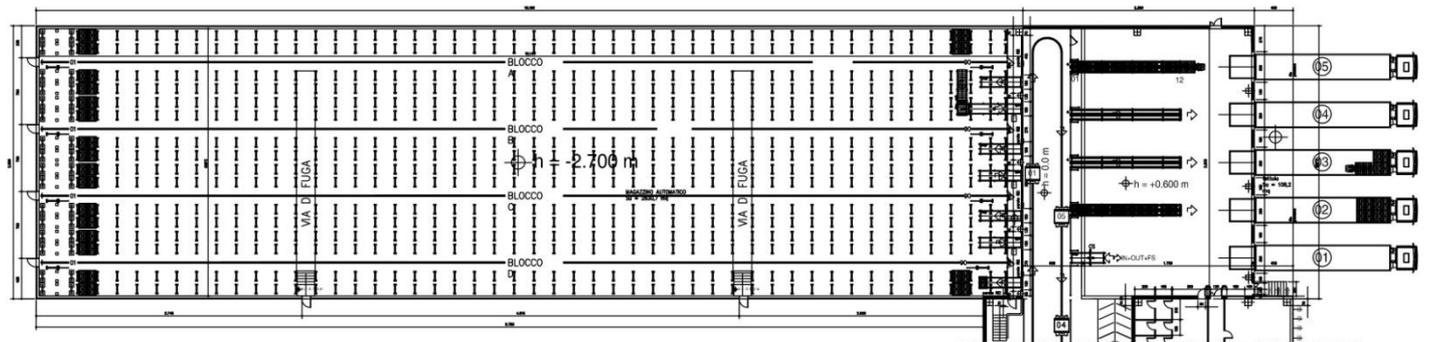
*Cedimenti a lungo termine*



## ❖ TRATTAMENTO GLOBALE DI UN VOLUME DI TERRENO

- ESEMPIO: magazzino verticale a Bologna

*Pianta*



*Sezione longitudinale*

Introduzione

Proprietà

Esempio 1

Esempio 2

Esempio 3

Esempio 4

Esempio 5

Conclusioni



## ❖ TRATTAMENTO GLOBALE DI UN VOLUME DI TERRENO

### • ESEMPIO: magazzino verticale a Bologna

Introduzione

Proprietà

Esempio 1

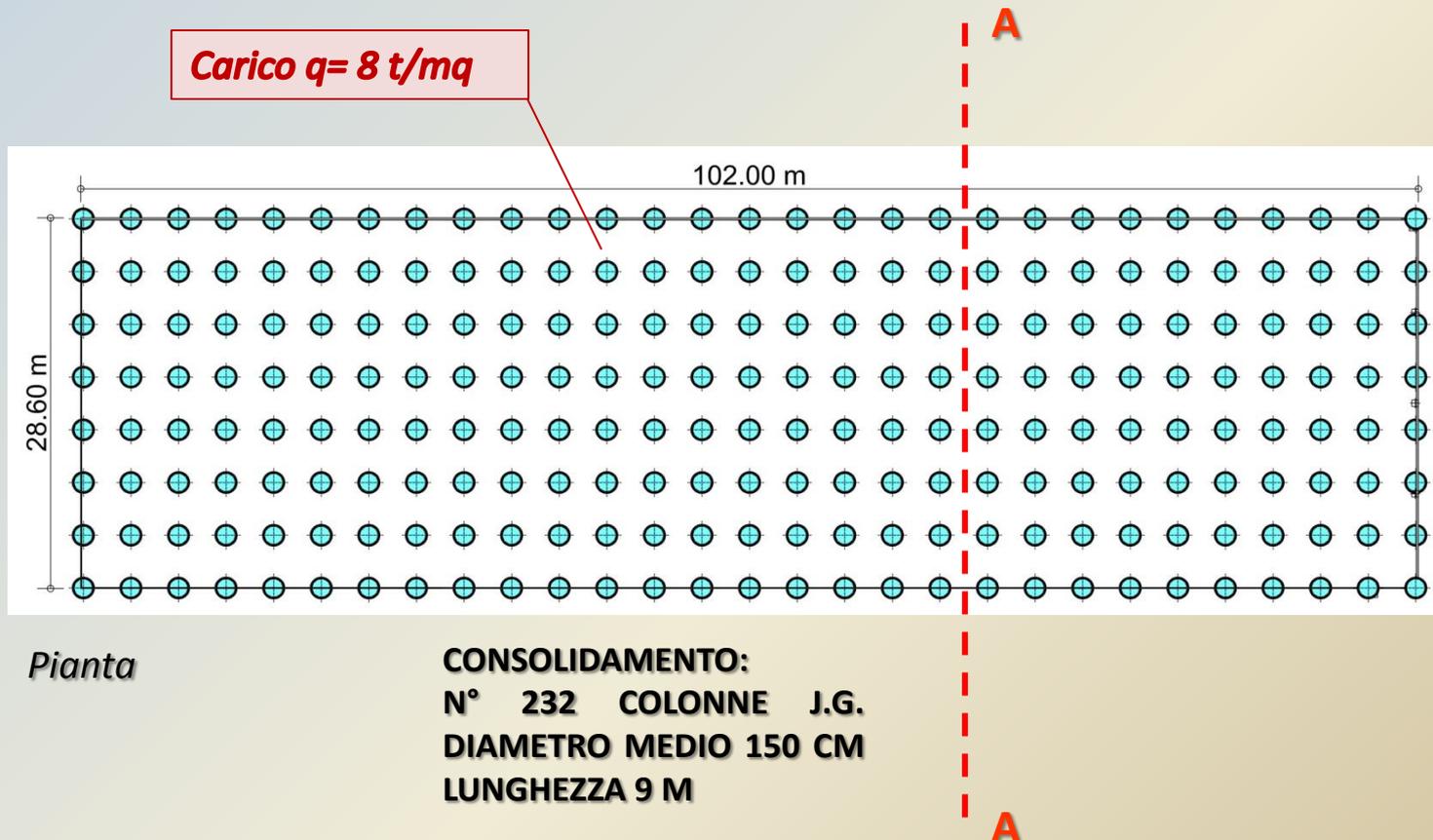
Esempio 2

Esempio 3

Esempio 4

Esempio 5

Conclusioni



*Pianta*



## ❖ TRATTAMENTO GLOBALE DI UN VOLUME DI TERRENO

- ESEMPIO: magazzino verticale a Bologna

Introduzione

Proprietà

Esempio 1

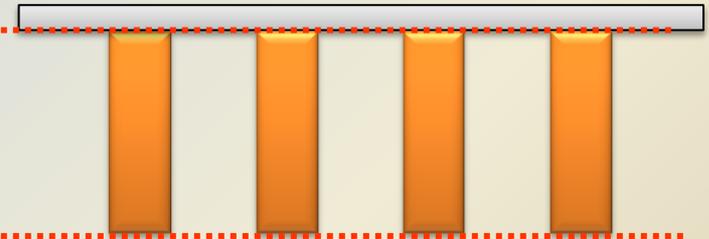
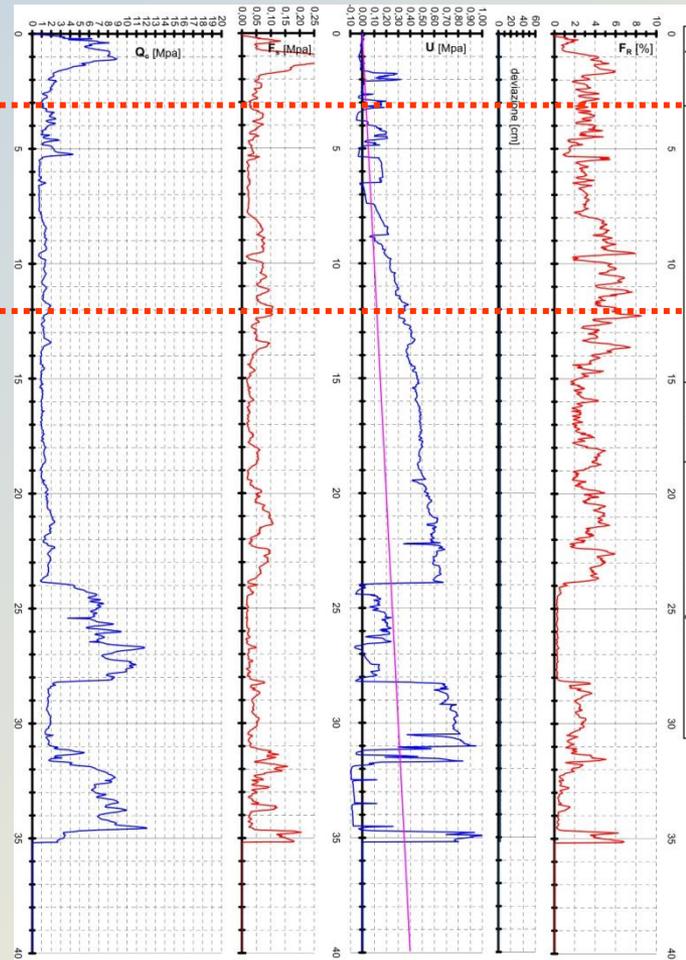
Esempio 2

Esempio 3

Esempio 4

Esempio 5

Conclusioni



COLONNE  
JET GROUTING  
L = 9 m



## ❖ TRATTAMENTO GLOBALE DI UN VOLUME DI TERRENO

### • ESEMPIO: magazzino verticale a Bologna

Introduzione

Proprietà

Esempio 1

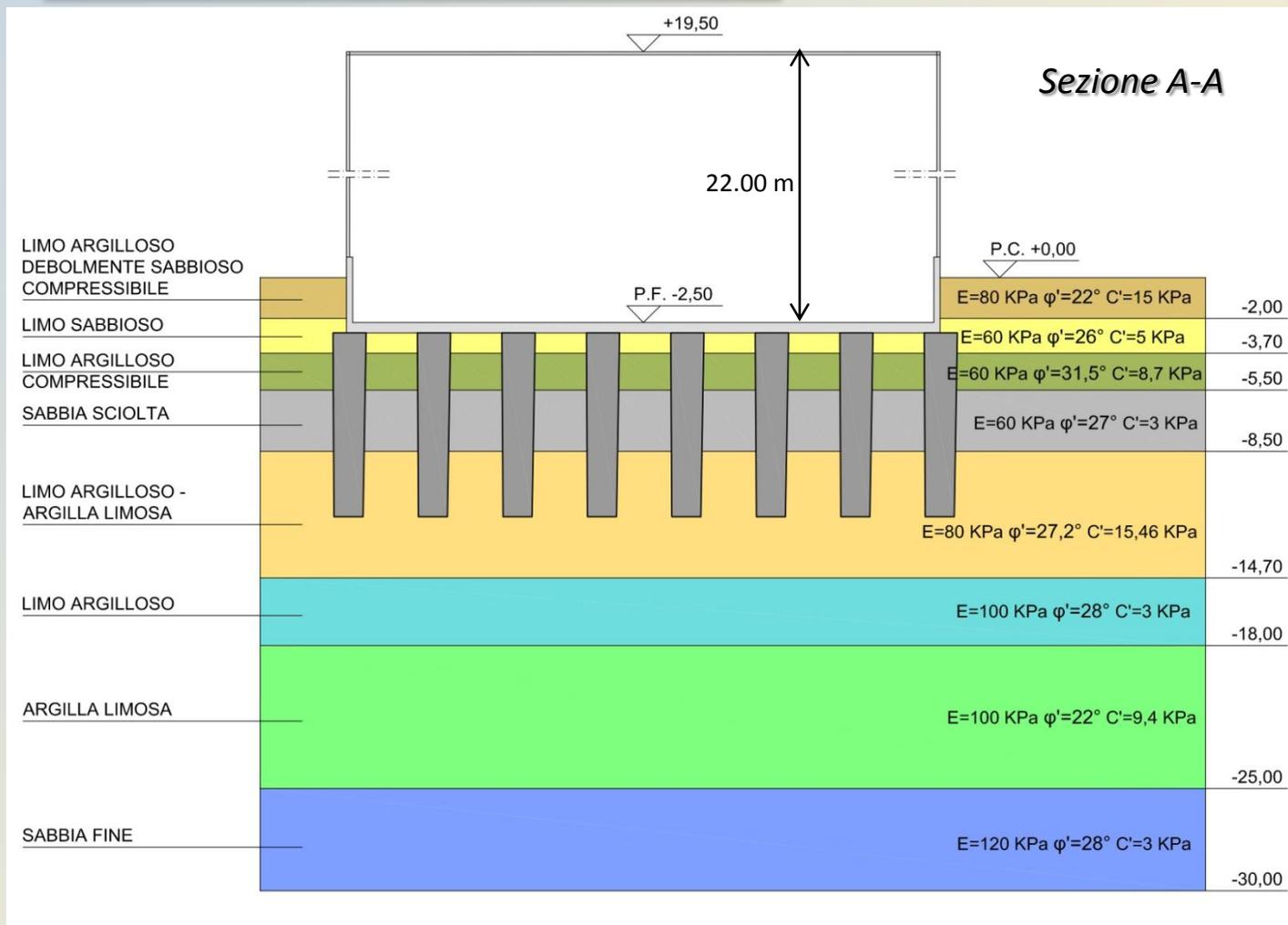
Esempio 2

Esempio 3

Esempio 4

Esempio 5

Conclusioni





## ❖ TRATTAMENTO GLOBALE DI UN VOLUME DI TERRENO

- ESEMPIO: magazzino verticale a Bologna

Introduzione

Proprietà

Esempio 1

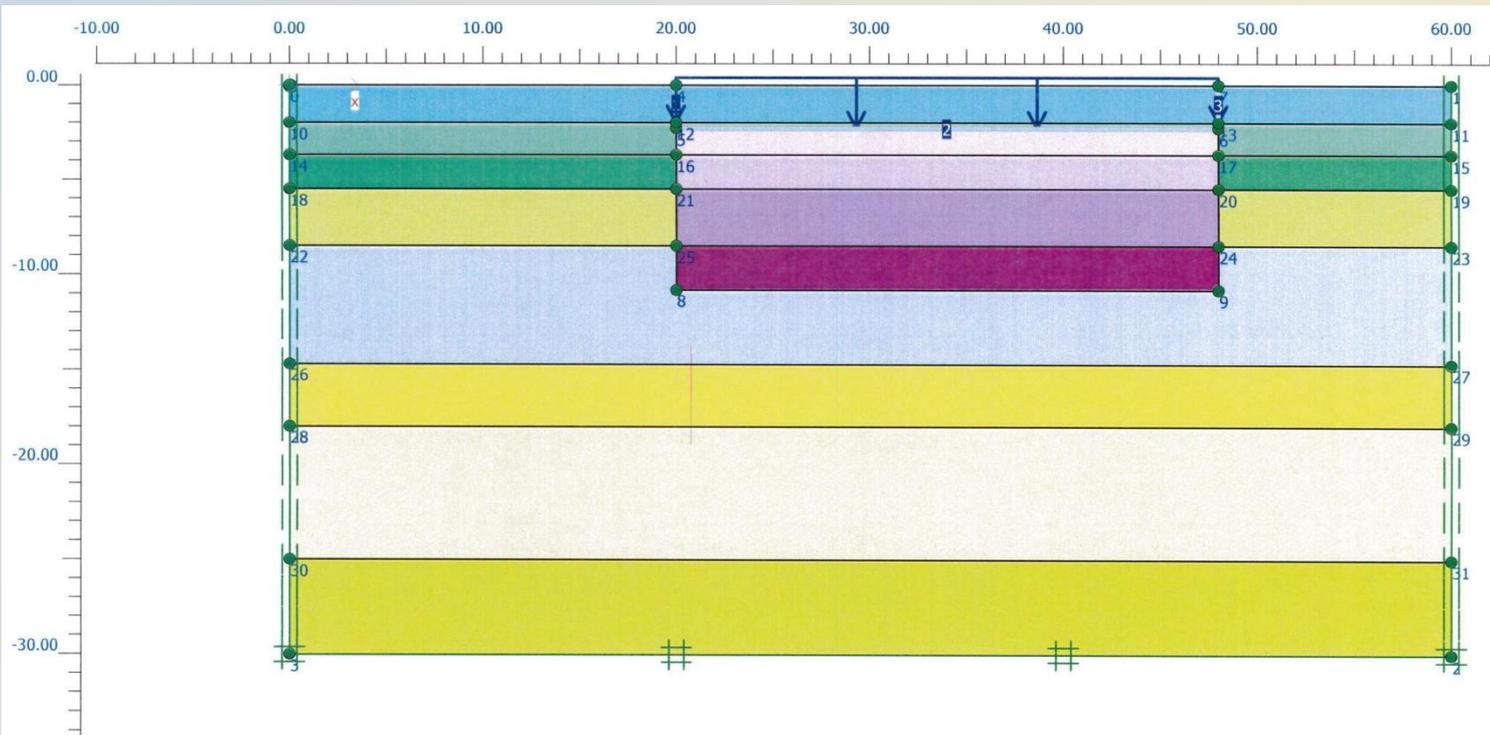
Esempio 2

Esempio 3

Esempio 4

Esempio 5

Conclusioni



*Schema bidimensionale con modello costitutivo Mohr-Coulomb*



## ❖ TRATTAMENTO GLOBALE DI UN VOLUME DI TERRENO

### • ESEMPIO: magazzino verticale a Bologna

Introduzione

Proprietà

Esempio 1

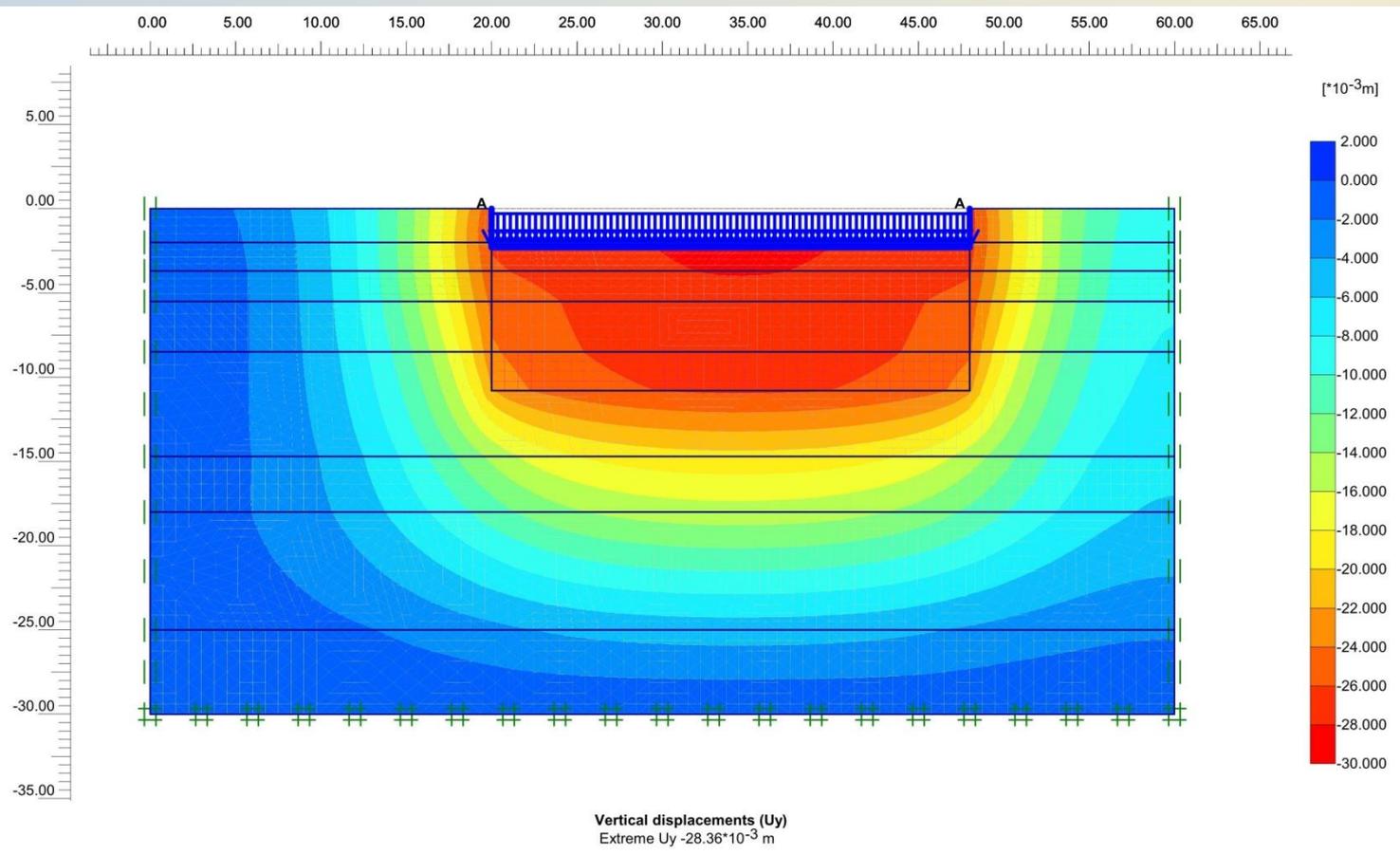
Esempio 2

Esempio 3

Esempio 4

Esempio 5

Conclusioni



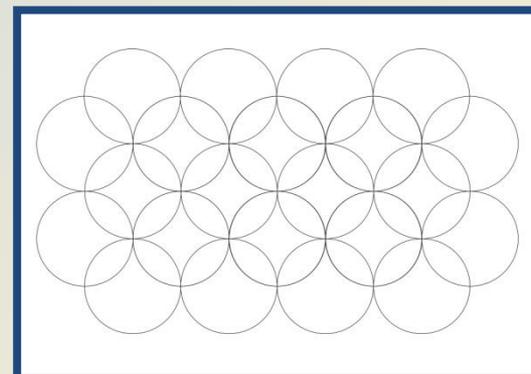
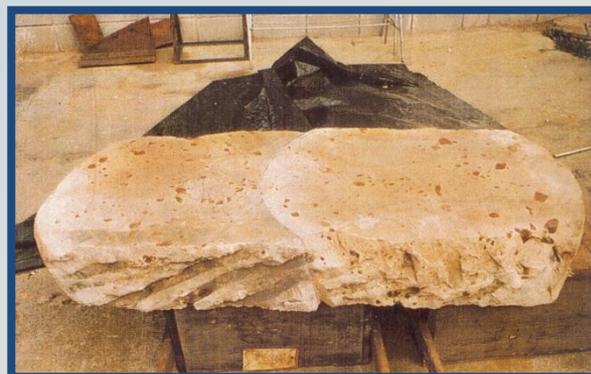
*Cedimenti a lungo termine*



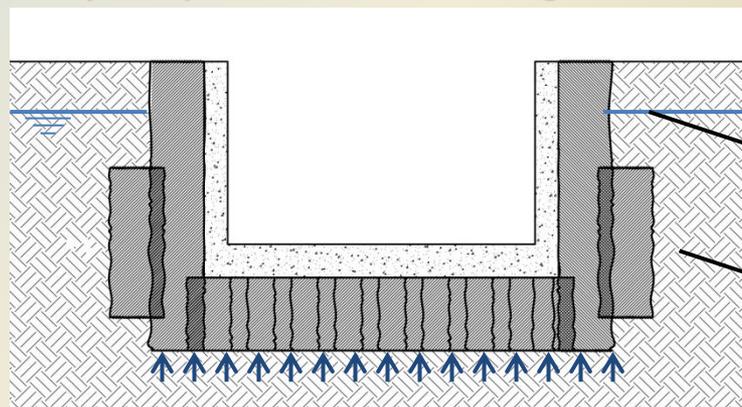
## ❖ DIAFRAMMA CON TAMPONE DI FONDO A GRAVITA'

### • REQUISITI:

1) Sufficiente compenetrazione delle colonne per la tenuta idraulica in fase transitoria delle pareti laterali e del fondo scavo (interasse  $i=0.7-0.8 D$ ).



2) Verifica al galleggiamento per il massimo livello di falda con attenzione al valore di progetto del peso specifico del Jet Grouting.



Livello di falda

Limo argilloso-sabbioso saturo

Introduzione

Proprietà

Esempio 1

Esempio 2

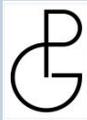
Esempio 3

Esempio 4

Esempio 5

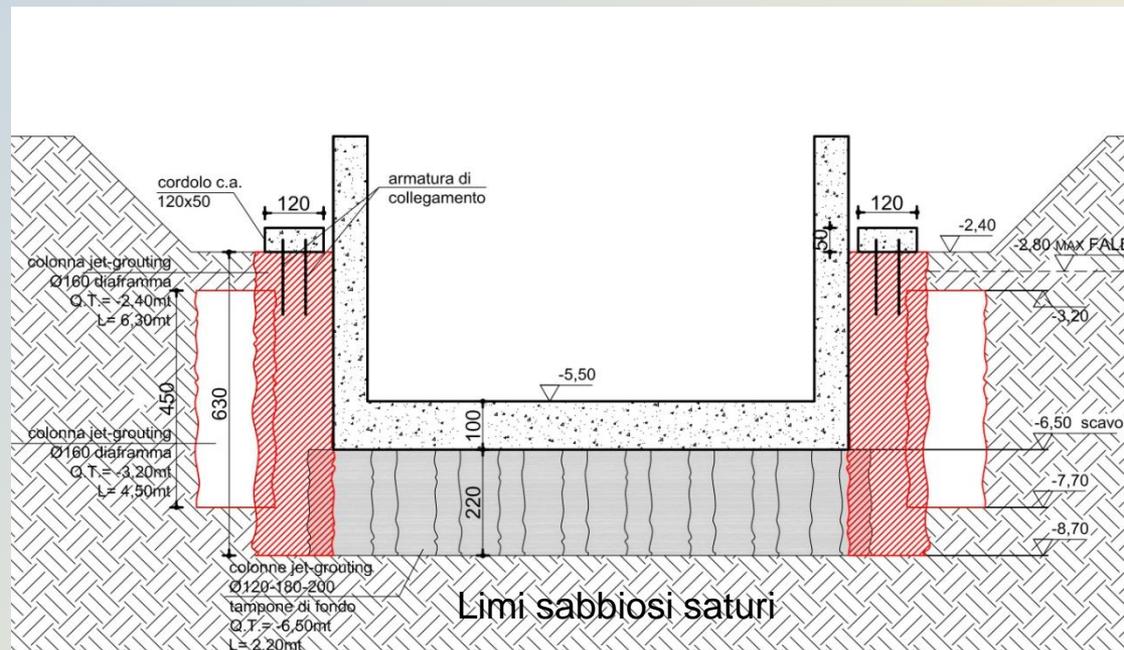
Conclusioni





## ❖ DIAFRAMMA CON TAMPONE DI FONDO A GRAVITA'

### • ESEMPIO: Fossa interna a stabilimento Ring Mill – Sondrio (SO)



### • VANTAGGI:

Il principale è quello di evitare l'abbassamento del livello di falda richiesto da altre tecniche e sempre estremamente pericoloso per la stabilità di eventuali fondazioni limitrofe.

Introduzione

Proprietà

Esempio 1

Esempio 2

Esempio 3

Esempio 4

Esempio 5

Conclusioni



## ❖ DIAFRAMMA CON TAMPONE DI FONDO A GRAVITA'

- ESEMPIO: Fossa interna a stabilimento Ring Mill – Sondrio (SO)

Introduzione

Proprietà

Esempio 1

Esempio 2

Esempio 3

Esempio 4

Esempio 5

Conclusioni



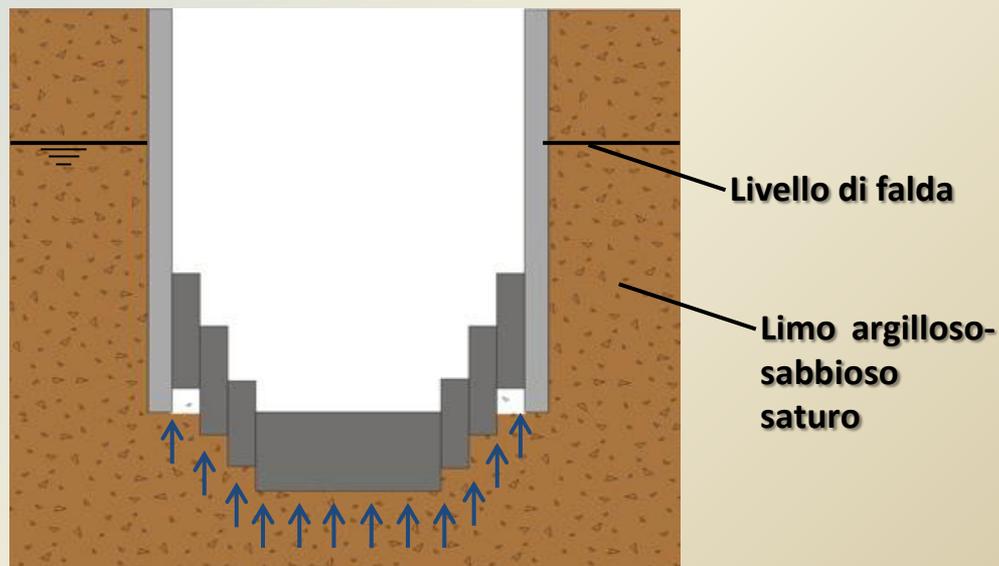
## ❖ DIAFRAMMA CON TAMPONE DI FONDO AD ARCO

### • REQUISITI:

- 1) Gli stessi del tampone di fondo a gravità a cui si aggiunge che la distanza tra le pareti opposte deve essere contenuta.
- 2) Verifica dell'assenza di tensioni nel tampone di fondo.

### • VANTAGGI:

- 1) Evitare l'abbassamento della falda pericoloso per le fondazioni limitrofe.
- 2) Risparmio nello spessore del tampone di fondo rispetto a quello a gravità.



Introduzione

Proprietà

Esempio 1

Esempio 2

Esempio 3

Esempio 4

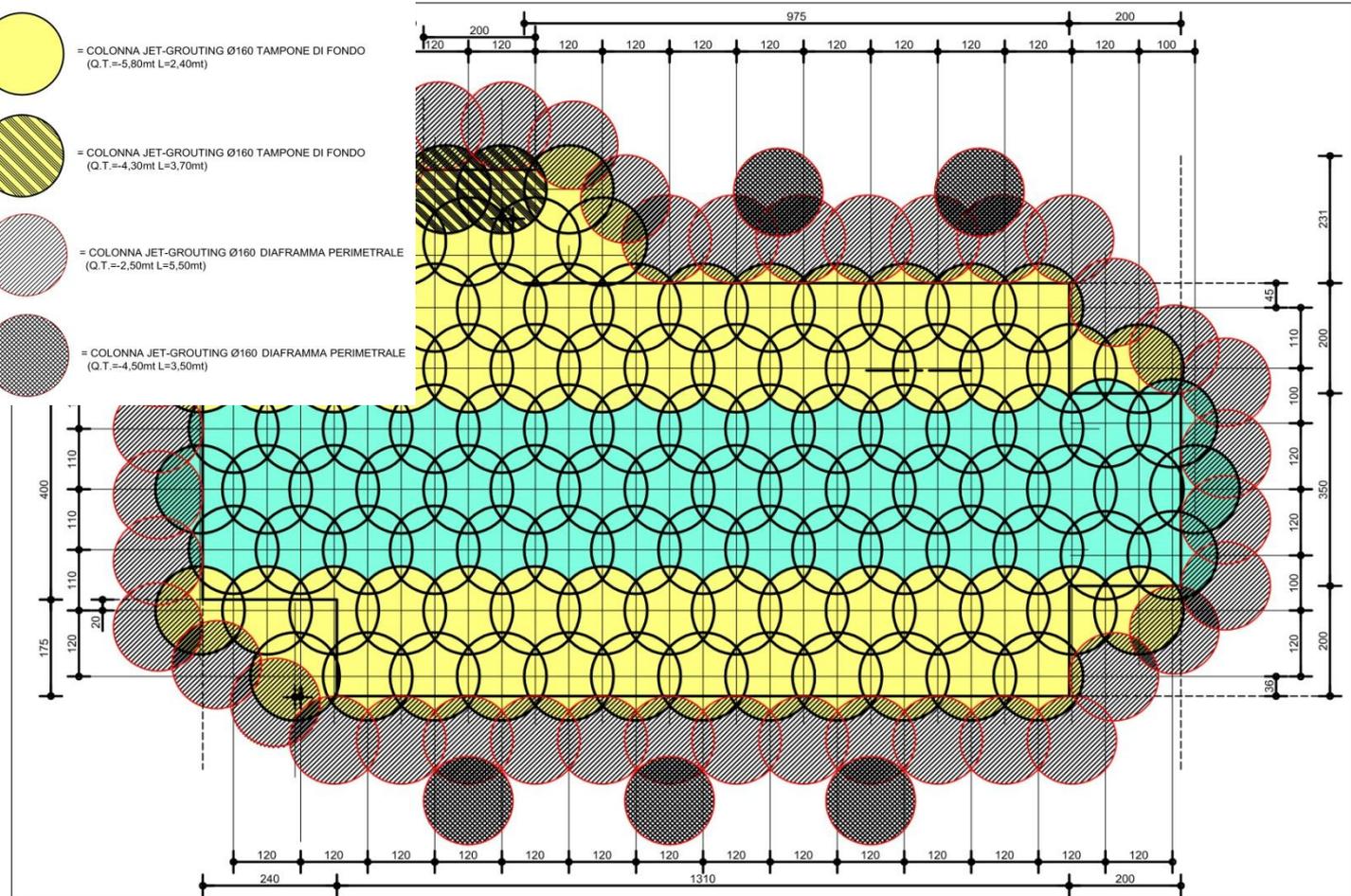
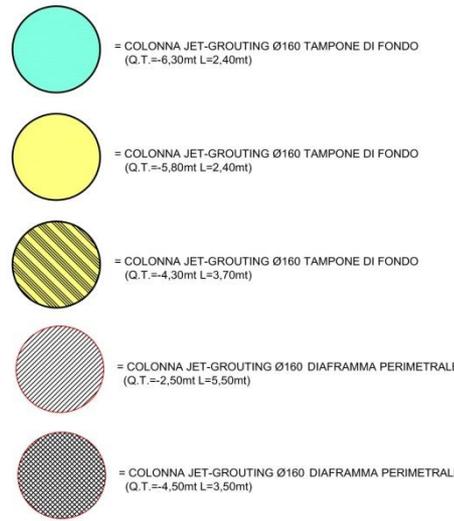
Esempio 5

Conclusioni



## ❖ DIAFRAMMA CON TAMPONE DI FONDO AD ARCO

Pianta



Introduzione

Proprietà

Esempio 1

Esempio 2

Esempio 3

Esempio 4

Esempio 5

Conclusioni



## ❖ DIAFRAMMA CON TAMPONE DI FONDO AD ARCO

Introduzione

Proprietà

Esempio 1

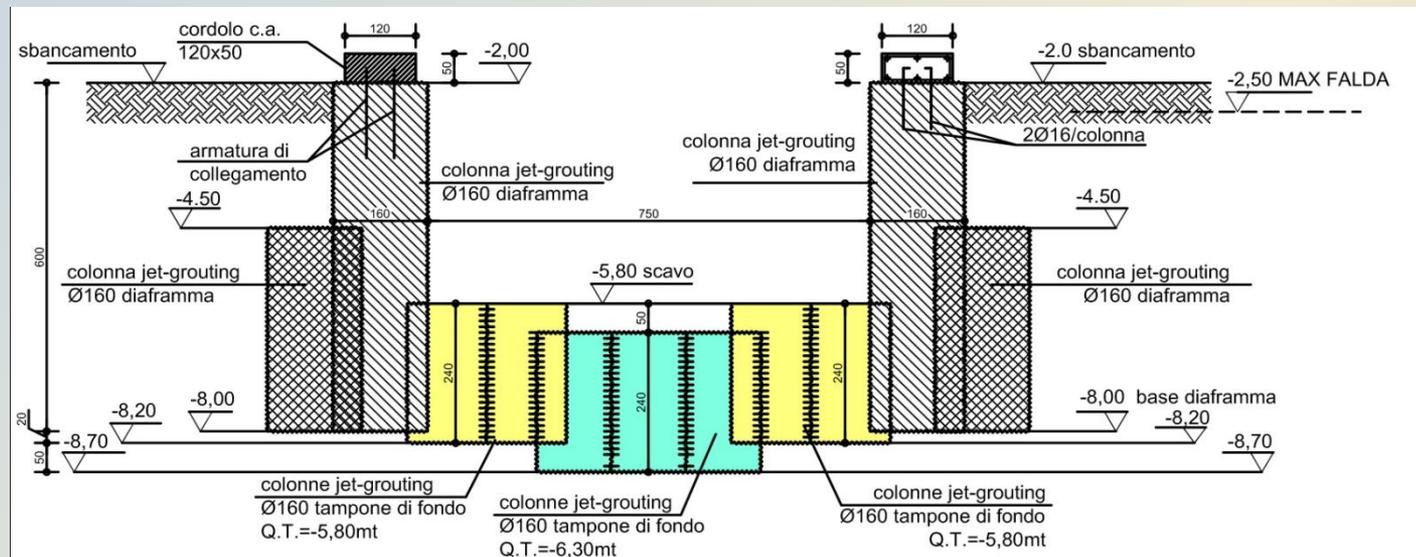
Esempio 2

Esempio 3

Esempio 4

Esempio 5

Conclusioni



Sezione



## ❖ CONCLUSIONI

- A distanza di circa 45 - 50 anni dall'invenzione del Jet-Grouting molto si deve ancora fare per conoscerne pienamente le caratteristiche e potenzialità di utilizzo, specialmente per terreni fini dove ancora oggi l'impiego viene visto con diffidenza anche da valenti professionisti nel settore Geotecnico.
- È auspicabile un maggiore impegno degli operatori del settore, dei tecnici e del Corpo Accademico nello studio e sperimentazione del Jet Grouting.
- Non è più accettabile, come purtroppo avviene ancora oggi, che vengano contestati progetti con l'utilizzo della tecnica del J.G. sulla base unicamente di motivazioni prive di alcun riscontro scientifico.

**GRAZIE PER L'ATTENZIONE !**

Introduzione

Proprietà

Esempio 1

Esempio 2

Esempio 3

Esempio 4

Esempio 5

Conclusioni