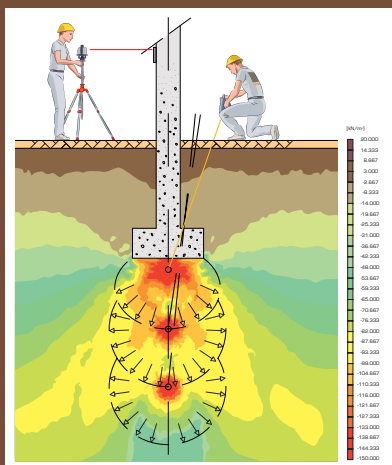




Software sviluppato
da AZTEC Informatica®
con modello di calcolo
fornito da URETEK®

URETEK® S.I.M.S. 1.0

Soil Improvement Modelling Software



Software per il dimensionamento di
un intervento Uretek Deep Injections®
[brevetto europeo n. 0851064]
con resina Uretek Geoplus®
[domanda di brevetto europeo n. EP 1314824]

MANUALE DI ISTRUZIONI



SE RISOLVE, È URETEK

URETEK S.I.M.S 1.0

Soil Improvement Modelling Software

Indice

1	Premessa	4
2	Installazione del programma	6
3	Ambiente di lavoro del programma	8
3.1	Uso dei menu e dei comandi	9
3.2	Barra dei comandi	10
3.2.1	Barra dei comandi File	10
3.2.2	Barra dei comandi Dati	10
3.2.3	Barra dei comandi Analisi	10
4	Menu File	12
4.1	Nuovo	12
4.2	Apri	12
4.3	Salva	13
4.4	Esci	13
5	Menu Dati	14
5.1	Dati generali	14
5.2	Geometria fondazione	15
5.3	Pressione	15
5.4	Resina espandente	16
5.5	Descrizione Terreni	17
5.5.1	Parametri fisici e meccanici terreno	17
5.6	Stratigrafia	18
5.7	Falda	18
5.8	Iniezioni	19
5.9	Unità di misura	19
6	Menu Analisi	20
6.1	Avvio analisi	20
6.2	Risultati	20
7	Menu Relazione	22
7.1	Genera relazione	22
7.1.1	Formato relazione di calcolo	22

8	Menu Visualizza	24
8.1	Ambiente grafico	24
8.1.1	Barra dei comandi Opzioni grafiche	25
8.1.1.1	Opzioni impaginatore grafico	25
8.1.1.2	Inserimento didascalia	26
8.1.1.3	Elenco didascalie	26
8.1.1.4	Impostazione font	26
8.1.1.5	Opzioni viste	27
8.1.1.6	Opzioni Bulbo	27
8.1.2	Barra dei comandi Zoom e Pan	27
8.1.3	Barra dei comandi Viste dei risultati	28
8.2	Viste specifiche	28
8.2.1	Visualizzazione stratigrafia	28
8.2.2	Visualizzazione sfere resina intervento	29
8.2.3	Visualizzazione bulbo	29
9	Impaginatore	30
9.1.1	Elenco disegni	32
9.1.2	Scala disegni	33
10	Menu Help	34
11	Il modello nel dettaglio: la teoria	36

Il programma **URETEK S.I.M.S.** , sviluppato in ambiente **Windows®**, consente di dimensionare gli interventi di consolidamento del terreno Uretek Deep Injections con resina espandente ad alta pressione di rigonfiamento (Uretek Geoplus®).

Il modello è stato sviluppato a partire dalla teoria dell'espansione di una cavità all'interno di un terreno dilatante presentata da Yu H.S. e Houlsby G.T. nel 1991, opportunamente integrata ed adattata dall'ufficio tecnico Uretek® sulla base dei test effettuati in collaborazione con l'Università di Padova.

Dalla teoria si è poi passati ad un software, che è stato testato e calibrato su decine di casi reali.

Il modello di calcolo definisce innanzitutto la fattibilità dell'intervento e quindi, note le caratteristiche del terreno e della fondazione, permette di stimare il grado di consolidamento del terreno a seguito del trattamento con resina Uretek Geoplus®, secondo quantità e geometria definite. La distribuzione delle iniezioni nel terreno e la quantità di resina per ciascun punto devono essere definite in fase di progetto.

Il modello descritto dalla teoria può essere sintetizzato come segue:

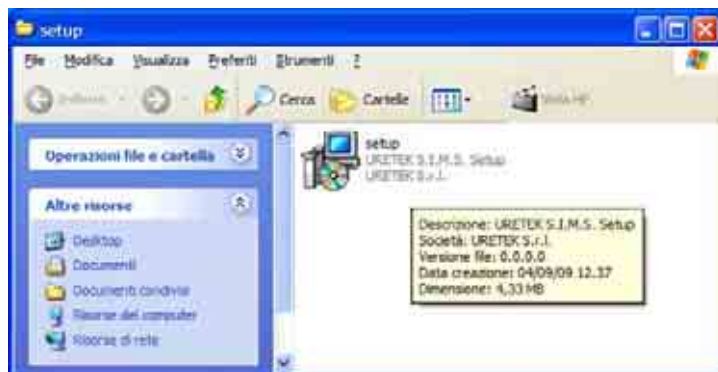
- 1) La resina viene iniettata in un punto ben definito all'interno di un terreno di caratteristiche fisico-meccaniche note;
- 2) La resina espande nel terreno per reazione chimica e forma una sfera il cui volume dipende dal confinamento indotto dal terreno circostante, nonché dal tipo e dalla quantità di resina immessa;
- 3) La sfera di resina induce pressioni diverse a seconda della distanza dal punto di iniezione:
 - a. Il volume di terreno più prossimo alla sfera di resina entra in campo plastico per effetto della notevole compressione subita dall'espansione della resina;
 - b. Il volume di terreno presente oltre tale zona rimane in campo elastico e risente di un incremento di stato di tensione che decresce con l'aumentare della distanza dal punto di iniezione;
 - c. Il terreno presente oltre tale zona non risente dell'effetto di compressione prodotto dall'iniezione;

- 4) La geometria delle tre zone è rappresentata da tre sfere concentriche:
 - a. Sfera costituita da sola resina;
 - b. Sfera costituita da terreno compresso in campo plastico;
 - c. Sfera costituita da terreno compresso in campo elastico;
- 5) Le dimensioni delle tre sfere concentriche sopra descritte dipendono dalle seguenti variabili:
 - a. Caratteristiche del terreno naturale, prima dell'intervento di iniezione;
 - b. Caratteristiche della resina utilizzata per l'intervento;
 - c. Quantità di resina impiegata;

Il software integra il modello sopra riassunto, permettendo di progettare un intervento di consolidamento del terreno secondo le esigenze di progetto.

2 Installazione del programma

Cliccare l'icona **SETUP.EXE** e seguire la procedura indicata.

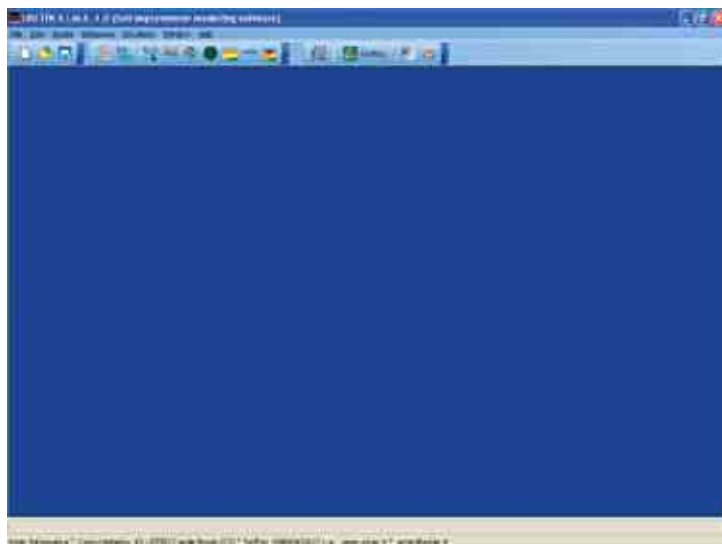


Impostazioni video

È necessario impostare la modalità video ad una risoluzione **800x600 o superiore**.
Il tipo di carattere deve essere impostato secondo la specifica **"Caratteri Piccoli"**.

3 Ambiente di lavoro del programma

L'ambiente di lavoro di **S.I.M.S.** ha l'interfaccia e le funzionalità tipiche dell'ambiente **Windows®**.



Lanciato il programma, appare una finestra come in figura, nella quale è presente:

- sulla prima riga dello schermo il **menu principale**, al quale si accede tramite tastiera o mouse;
- immediatamente sotto sono riportate delle **barre dei comandi** che facilitano la fase di input:

1. barra dei comandi **File**;



2. barra dei comandi **Dati e Carichi**;



3. barra dei comandi **Analisi e Relazione**;



Di seguito vengono descritte in dettaglio le modalità di accesso ai menu ed ai vari tipi di finestre per l'input dei dati.

3.1 Uso dei menu e dei comandi

Per poter eseguire qualsiasi operazione all'interno del programma, bisogna attivare il relativo comando; il menu ha il compito di gestire tutti i comandi.

Nel menu sono elencate diverse voci (**File**, **Dati**, **Carichi**, **Analisi**, **Risultati**, **Relazione**, **Window** ed **Help**) alle quali sono associate delle funzioni correlate fra di loro.

Per esempio, nella voce **Dati** si trovano tutte le funzioni che riguardano l'input dei dati: **Terreni**, **Stratigrafia**, **Geometria fondazione superficiale**, e **Unità di misura**. Gli stessi comandi possono essere attivati tramite i pulsanti acceleratori presenti sulla **barra dei comandi**.

Per selezionare una voce del menu tramite tastiera, occorre premere il tasto **[ALT]** contemporaneamente al tasto della lettera sottolineata della voce desiderata; viene così aperta la "*tendina*" del menu. Attraverso i tasti freccia, **[↓]** e **[↑]**, è possibile spostarsi dalla voce corrente del menu a quella adiacente e attivarla mediante il tasto **[INVIO]**. Quando il menu è attivo, tramite i tasti freccia **[→]** e **[←]**, è consentito lo spostamento dalla voce corrente a quella adiacente. Per chiudere la "*tendina*" appena aperta si usa il tasto **[ESC]**.

È possibile accedere al menu principale tramite il tasto funzione **[F10]** o il tasto **[ALT]**, con i quali viene evidenziata la prima voce del menu. Il posizionamento sulla voce desiderata avviene tramite i tasti freccia, **[↓]** e **[↑]**, il comando è impartito tramite il tasto **[INVIO]**.

Per selezionare una voce di menu con il mouse, occorre posizionare il puntatore in prossimità della stessa e cliccare con il tasto sinistro.

La barra orizzontale, **barra dei comandi**, non è altro che un acceleratore delle funzioni presenti nelle voci del menu a "*tendina*" sopra descritto.

In alternativa alcuni comandi del menu possono essere inviati attraverso una combinazione di tasti acceleratori; per esempio, per avviare l'analisi, basta premere la combinazione **[Ctrl]+[A]**.

Di seguito, verranno descritte in dettaglio le opzioni relative ai comandi del menu del programma, nonché le equivalenti funzioni implementate nei pulsanti di cui le finestre sono dotate.

3.2 Barra dei comandi

La **barra dei comandi** è un acceleratore dei comandi presenti nelle varie voci del menu principale.

Di seguito si riportano le **barre dei comandi** così come appaiono nella finestra principale del programma, con una breve spiegazione dei relativi pulsanti.

3.2.1 Barra dei comandi File

Dalla **barra dei comandi File** è possibile attivare le funzioni di scrittura e lettura dei dati su disco.

Le scelte possibili sono rispettivamente: **Nuovo file**, **Apri file** e **Salva file**. Le stesse scelte possono essere fatte cliccando sulle rispettive voci del menu File.

3.2.2 Barra dei comandi Dati

Dalla **barra dei comandi Dati** è possibile attivare le funzioni di input dei dati (geometria fondazione, terreni, stratigrafia, carichi, ecc.).

Le scelte possibili sono rispettivamente: **Dati generali**, **Unità di misura**, **Geometria fondazione**, **Pressione**, **Resina espandente**, **Descrizione terreni**, **Stratigrafia**, **Falda** e **Iniezioni**.

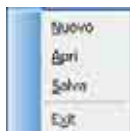
Le stesse scelte possono essere fatte cliccando sulle rispettive voci del menu **Dati**.

3.2.3 Barra dei comandi Analisi

Dalla **barra dei comandi Analisi** è possibile attivare l'analisi e attivare le opzioni di analisi. Le scelte possibili sono rispettivamente: **Analisi**, **Grafica**, **Genera relazione** ed **Help**.

Le stesse scelte possono essere fatte cliccando sulle rispettive voci del menu **Analisi**, **Relazione**, **Visualizza** ed **Help**.

4 Menu File



In questa voce di menu sono contenuti tutti i comandi necessari per le operazioni di scrittura e lettura dei dati su disco.

Il menu, una volta attivato, si presenta come in figura.

4.1 Nuovo



Tramite il comando **Nuovo**, attivato anche dal pulsante acceleratore presente sulla **barra dei comandi**, si comunica al programma di voler avviare un nuovo lavoro e quindi abbandonare quello corrente.

Il programma prima di iniziare il nuovo lavoro, se i dati del lavoro corrente non sono stati salvati, chiede all'Utente se vuole effettuare il salvataggio.

In funzione della risposta fornita, il programma avvia la procedura di salvataggio oppure abbandona il file attivo senza salvare.

4.2 Apri



Tramite il comando **Apri**, attivato anche dal pulsante acceleratore presente sulla **barra dei comandi**, è possibile caricare un file salvato su disco. L'estensione dei files dati di **Uretek SIMS** è **UTK**.

La procedura è quella standard dell'ambiente **Windows®**: la finestra aperta presenta l'elenco delle cartelle e l'elenco dei files contenuti nella cartella selezionata.

Per caricare il file desiderato, basta selezionarlo con il mouse e premere il pulsante **[Apri]** oppure il tasto **[INVIO]**. Prima di effettuare l'operazione di *apertura file*, qualora i dati del lavoro corrente siano stati modificati, **SIMS** chiede la conferma per il salvataggio su disco dei dati.

4.3 Salva



Tramite il comando **Salva**, attivato anche dal pulsante acceleratore presente sulla **barra dei comandi**, è possibile salvare su disco i dati inseriti in un file. La procedura è quella standard dell'ambiente **Windows®**: la finestra aperta presenta l'elenco delle cartelle e l'elenco dei files contenuti nella cartella selezionata.

Per salvare i dati in un file occorre digitare nella casella **Nome file** il nome da attribuire all'archivio e premere il pulsante **[Salva]** oppure il tasto **[INVIO]**. Qualora si stia operando su un file già salvato in precedenza, l'azione sul pulsante avvia automaticamente la procedura di salvataggio senza aprire la finestra descritta.

4.4 Esci

Tramite il comando **Esci** è possibile uscire dal programma.

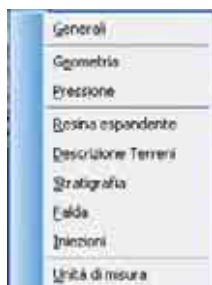
Se i dati non sono stati salvati, compare la richiesta di salvataggio degli stessi.

A questo punto è possibile confermare la registrazione dei dati su disco o ignorare questa procedura.

Il salvataggio avviene secondo le modalità sopra descritte.

A questo comando non corrisponde un pulsante acceleratore sulla **barra dei comandi**.

5 Menu Dati



In questa voce di menu sono contenuti tutti i comandi necessari per le operazioni di input dei dati.

Il menu, una volta attivato, si presenta come in figura.

Tutti i comandi del menu, si attivano anche dai relativi pulsanti acceleratori presenti sulla barra dei comandi.

5.1 Dati generali

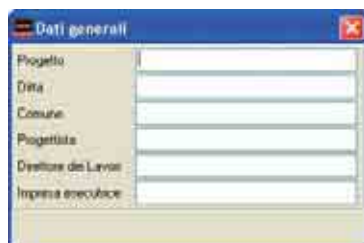


Alla finestra di visualizzazione **Dati Generali** si accede dall'omonima voce del **menu Dati** o dal pulsante presente sulla **barra dei comandi**.

È possibile inserire i dati generali riguardanti il progetto da analizzare.

In particolare i dati da inserire nei vari campi di input presenti, ognuno con un numero massimo di **64 caratteri**, riguardano:

- **Progetto**, descrizione dell'opera da realizzare;
- **Ditta**, generalità del committente dell'opera;
- **Comune**, località in cui ricade l'opera da realizzare;
- **Progettista**, generalità del tecnico che esegue il calcolo;
- **Direttore dei lavori**, generalità del tecnico direttore dei lavori;
- **Impresa esecutrice**, denominazione dell'impresa esecutrice dei lavori.



5.2 Geometria fondazione



Alla finestra di visualizzazione **Geometria Fondazione** si accede dall'omonima voce del **menu Dati** o dal pulsante presente sulla **barra dei comandi**.

Nella finestra vengono inserite tutte le grandezze necessarie a definire il tipo e la geometria della fondazione da analizzare nonché i dati relativi al piano di posa.

Geometria fondazione

Descrizione: Fondazione

Dimensioni fondazione (L > B)

Lato minore della fondazione (B) [m]: 1.50

Lato maggiore della fondazione (L) [m]: 8.00

Profondità del piano di imposta rispetto al piano campagna più prossimo ad esso (D) [m]: 1.50

Dati relativi al disegno (influenti per il calcolo)

Altezza [m]: 1.50

Spessore anima [m]: 0.40

Spessore ala [m]: 0.50

Accetta Annulla

Diagramma: 3D view of a foundation cross-section showing dimensions: Profondità piano di posa (D), Spessore anima, Altezza, Lato minore (B), and Lato maggiore (L).

In particolare i dati da inserire sono:

- **B**, lato minore della fondazione vista in pianta, espresso in [L1]
- **L**, lato maggiore della fondazione vista in pianta, espresso in [L1];
- **D**, profondità del piano di posa rispetto al piano campagna più prossimo ad esso, espresso in [L1];

I dati relativi al disegno:

- **Altezza**, altezza totale della fondazione, espresso in [L1];
- **Spessore anima**, spessore dell'anima della fondazione a T rovescia, espresso in [L1];
- **Spessore ala**, spessore dell'ala della fondazione a T rovescia, espresso in [L1];

5.3 Pressione



Alla finestra di visualizzazione **Pressione** si accede dall'omonima voce del **menu Dati** o dal pulsante presente sulla **barra dei comandi**.

- Nella tabella si definisce il carico trasmesso dalla fondazione al terreno, espresso in [P1];

Pressione esercitata

Carico trasmesso dalla fondazione al terreno

Pressione [kg/cmq]: 1.50

Accetta Annulla

5.4 Resina espandente



Alla finestra di visualizzazione **Resina espandente** si accede dall'omonima voce del **menu Dati** o dal pulsante presente sulla **barra dei comandi**.

La finestra riporta le caratteristiche più significative delle **Resina Uretek Geoplus®**.

- **Resistenza alla compressione**
 σ (MPa) in funzione di γ (kN/m³)

$$\sigma = 0.53 \gamma^2 + 0.05 \gamma + 0.10$$



- **Modulo di elasticità $E_{1\%}$** (MPa)
in funzione di γ (kN/m³)

$$E_{1\%} = 25.90 \gamma + 1.97$$



- **Pressione di rigonfiamento σ_R**
(MPa) in funzione di γ (kN/m³)

$$\sigma = 0.24 e^{0.37\gamma}$$



5.5 Descrizione Terreni



Alla finestra di visualizzazione **Descrizione terreni** si accede dall'omonima voce del **menu Dati** o dal pulsante acceleratore presente sulla **barra dei comandi**.



I dati in essa riportati sono:

- **Descrizione**, descrizione del terreno;
- **γ** , peso di volume del terreno, espresso in [F1 / L13];
- **ϕ** , angolo di resistenza al taglio, espresso in [°];
- **c_u** , resistenza al taglio non drenata, espressa in [P1];
- **colore**, colore assegnato al terreno.

Cliccando sui pulsanti **[Aggiungi]** o **[Modifica]** presenti nella finestra si passa a caratterizzare i terreni.

Per ogni terreno è possibile definire le grandezze riportate di seguito.

5.5.1 Parametri fisici e meccanici terreno

La finestra **Terreno n°...** viene visualizzata cliccando su uno dei pulsanti **[Aggiungi]**, **[Modifica]** presenti nella finestra **Descrizione terreni**.



Nella finestra vengono inserite tutte le grandezze fisiche e meccaniche necessarie a definire il terreno:

Parametri di resistenza

- **Descrizione** denominazione del terreno costituente lo strato;
- **Peso di volume**, peso di volume del terreno, espresso in [F1/L13].

I parametri di resistenza sono distinti per terreno granulare e terreno coesivo.

I parametri richiesti sono:

- **Angolo di attrito interno**, espresso in [°];
- **Resistenza al taglio non drenata (c_u)**, parametro di resistenza, espresso in [P1];

Parametri di deformabilità

- **Modulo di Young**, modulo elastico del terreno, espresso in [P1];
 - **Coefficiente di Poisson**, coefficiente di Poisson del terreno;
- E' inoltre richiesto il coefficiente di spinta a riposo (K_0).

5.6 Stratigrafia



Alla finestra di visualizzazione **Stratigrafia** si accede dall'omonima voce del **menu Dati** o dal pulsante acceleratore presente sulla **barra dei comandi**.



Nella finestra vengono riportate le grandezze geometriche che caratterizzano gli strati di terreno definiti. Tramite i pulsanti **[Aggiungi]**, **[Inserisci]** ed **[Elimina]** presenti nella parte in basso è possibile aggiungere inserire o eliminare gli strati costituenti il terreno al di sotto della fondazione.

I dati da inserire riguardano:

- **Sp**, spessore dello strato espresso in [L1];
- **Terreno**, Tipo di terreno da assegnare al piano corrente, tra i terreni definiti in precedenza.

In automatico vengono calcolate le quote inferiore e superiore di ogni strato definito.

Nella parte inferiore della finestra è presente un riquadro dove sono riportate alcune grandezze fisiche e meccaniche del terreno associato allo strato.



Facendo doppio click su questo pannello è possibile richiamare la finestra **Terreno n°...** per modificare il terreno associato allo strato.

5.7 Falda



Alla finestra di visualizzazione **Falda** si accede dall'omonima voce del **menu Dati** o dal pulsante acceleratore presente sulla **barra dei comandi**.

I dati richiesti riguardano la profondità della falda dal piano campagna, positiva verso il basso.

Prima di definire la quota della falda bisogna attivare il **check Falda presente**, che comunica al programma la presenza della falda.



5.8 Iniezioni



Alla finestra di visualizzazione **Iniezioni** si accede dall'omonima voce del **menu Dati** o dal pulsante acceleratore presente sulla **barra dei comandi**.

Livello N°	Profondità dal piano fondazione [m]	Profondità dal piano campagna [m]	Volume resina iniezione [dm³]
1	0.10	1.50	18.92

Quantità resina iniezione a metro lineare di fondazione: 22.46 [kg]

La finestra consente di inserire i livelli d'iniezione.

Per ogni livello è possibile inserire:

- profondità dal piano fondazione, espressa in [L1];
- profondità dal piano campagna, espressa in [L1];
- volume di resina dell'iniezione, espresso in [dm³];

Inoltre è possibile fissare l'interasse delle perforazioni, espresso in [L1].

Automaticamente viene calcolata la quantità di resina totale a metro lineare di fondazione.

5.9 Unità di misura



Alla finestra di visualizzazione **Unità di misura** si accede dall'omonima voce del **menu Dati** o dal pulsante acceleratore presente sulla **barra dei comandi**.

Il programma consente all'Utente l'impostazione delle unità di misura, secondo le seguenti unità:

- **L1**, prima unità di misura per le lunghezze; il valore di default è *metri*;
- **L2**, seconda unità di misura per le lunghezze; il valore di default è *centimetri*;
- **L3**, terza unità di misura per le lunghezze; il valore di default è *millimetri*;
- **F1**, prima unità di misura per le forze; il valore di default è *Kg*;
- **F2**, seconda unità di misura per le forze; il valore di default è *tonnellate*;
- **P1**, prima unità di misura per le pressioni; il valore di default è *Kg/cm²*;
- **P2**, seconda unità di misura per le pressioni; il valore di default è *Kg/m²*;
- **A**, unità di misura per gli angoli; il valore di default è *gradi*.

Grandezze derivate:

- **Peso dell'unità di volume**, $F1 / L1^3$;
- **Area**, $L2^2$.

6 Menu Analisi



Attraverso i comandi contenuti in questo menu vengono impartite le direttive da seguire nell'analisi del problema ed avviata l'analisi stessa.

Il menu, una volta attivato, si presenta come in figura.

6.1 Avvio analisi



È possibile avviare l'analisi del problema tramite la voce **Analisi** del **menu Analisi** o tramite il pulsante acceleratore presente sulla **barra dei comandi**.

All'avvio dell'analisi **URETEK S.I.M.S.** esegue un check completo dei dati inseriti ed eventuali incongruenze vengono immediatamente segnalate con opportuni messaggi di errore.

6.2 Risultati

Al termine del calcolo è possibile visualizzare la finestra **Risultati** contenente per ciascun livello di iniezione i dati di seguito elencati.

- Interasse perforazioni [L1]
- Profondità dal piano fondazione [L1]
- Profondità dal piano campagna [L1]
- V_RI, volume di resina iniezione [dm³]
- Qc_old, resistenza penetrometrica prima dell'intervento [P1]
- Qc_new, resistenza penetrometrica dopo dell'intervento [P1]
- Incremento [%], miglioramento ottenuto dopo l'intervento espresso come $(Qc_new - Qc_old) / Qc_old$

Cliccando sul pulsante **Dettagli >>** è possibile visualizzare una ulteriore finestra di risultati strutturata in tre tabelle che riportano i seguenti dati.

TABELLA 1

- Profondità dal piano fondazione [L1]
- Profondità dal piano campagna [L1]
- Volume resina iniezione [dm³]
- Volume resina espansa [dm³]
- Rapporto di espansione
(Volume resina espansa / Volume resina iniezione)
- Volume influenza [dm³]

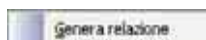
TABELLA 2

- Profondità dal piano fondazione [L1]
- Profondità dal piano campagna [L1]
- Raggio resina [L1]
- Raggio plastico [L1]
- Raggio elastico [L1]

TABELLA 3

- σ'_{v0} , pressione geostatica [P1]
- $\Delta\sigma'$, incremento pressione dovuto al carico [P1]
- $\sigma'_{old} = \sigma'_{v0} + \Delta\sigma'$ [P1]
- σ'_{new} [P1]
- pressione limite del terreno [P1]

7 Menu Relazione



Attraverso i comandi contenuti in questo menu è possibile scegliere le opzioni di stampa della relazione ed avviare la stampa della stessa.

Il menu, una volta attivato, si presenta come in figura.

7.1 Genera relazione



Alla finestra **Genera relazione di calcolo** si accede attraverso la voce **Genera relazione** del menu **Relazione** o dal pulsante acceleratore presente sulla **barra dei comandi**.

7.1.1 Formato relazione di calcolo

Alla finestra si accede tramite il pulsante **[Formato]** della finestra **Genera relazione di calcolo**.

La finestra consente di impostare il formato della relazione di calcolo.

I dati da inserire sono riportati di seguito:

- **Font testo**, è possibile selezionare il font per il testo della relazione. L'Utente ha tre possibilità di scelta: Times New Roman, Arial e Courier new;
- **Dimensione caratteri**, è possibile selezionare la dimensione dei caratteri per il testo della relazione. Dal selettore è possibile selezionare l'altezza del carattere da usare tra quelle proposte.
- **Allineamento paragrafi**, è possibile selezionare l'allineamento (Giustificato, Sinistra, Centrato, Destra) per il testo della relazione.
- **Formato titoli**, è possibile selezionare il font per i titoli della relazione. L'Utente ha tre possibilità di scelta: Times New Roman, Arial e Courier new;
- **Attributi titoli**, è possibile selezionare gli attributi dei titoli della relazione: Sottolineato, Grassetto e Italico.
- **Dimensione caratteri**, è possibile selezionare la dimensione dei caratteri per i titoli della relazione. Dal combo-box è possibile selezionare l'altezza del carattere da usare tra quelle proposte.
- **Allineamento titoli**, è possibile selezionare l'allineamento (Giustificato, Sinistra, Centrato, Destra) per i titoli della relazione.

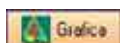
8 Menu Visualizza



Attraverso i comandi contenuti in questo menu è possibile accedere alla finestra dell'ambiente grafico di output dei risultati.

Il menu, una volta attivato, si presenta come in figura.

8.1 Ambiente grafico



Alla finestra di visualizzazione grafica si accede dalla voce **Grafica** del **menu Visualizza** o dal pulsante acceleratore presente sulla **barra dei comandi**.

L'ambiente grafico è uno strumento snello, veloce e potente che consente al progettista di visualizzare tutte le scelte effettuate.

L'ambiente è dotato dei seguenti comandi:

1. Barra delle **opzioni grafiche**:



2. Barra di **Zoom e Pan**:



3. Barra delle **viste dei risultati**:



La finestra è suddivisa in tre zone distinte.

La zona di visualizzazione, a sfondo bianco, occupa tutta la parte sinistra-alta della finestra ed è la zona in cui vengono visualizzati tutti i disegni richiesti.

Sulla parte destra della finestra, a sfondo grigio, sono riportati i pulsanti che permettono le diverse visualizzazioni grafiche.

Nella parte bassa della finestra, a sfondo grigio, sono riportati i pulsanti di gestione del disegno correntemente selezionato.

8.1.1 Barra dei comandi Opzioni grafiche



Opzioni impaginatore, permette di settare alcuni parametri per la funzione di impaginazione e stampa dei disegni.



Impaginatore grafico, apre la finestra omonima dalla quale è possibile stampare contemporaneamente tutti i disegni impaginati nella finestra di grafica dei risultati.



Esportazione, permette di esportare il disegno attivo in formato **DXF, WMF, BMP, JPEG**.



Inserimento didascalia, permette di inserire una didascalia nel disegno corrente.



Impostazioni font, permette di settare i font del testo e delle quotature.



Colore sfondo, permette di settare il colore di sfondo della finestra grafica.



Quotature e opzioni diagrammi, permette di settare alcune opzioni di visualizzazione dei risultati e dei diagrammi dei risultati.

8.1.1.1 Opzioni impaginatore grafico



Alla finestra **Opzioni impaginatore** si accede dall'omonima voce della barra dei comandi **Opzioni grafiche**.

Dalla finestra è possibile settare alcune delle opzioni per un'ottima impaginazione dei disegni. In particolare è possibile impostare:

- Scala di stampa del disegno;
- Distanza tra i disegni, espresso in centimetri, se sullo stesso foglio possono coesistere due disegni;
- Centra disegni orizzontalmente e verticalmente permette di posizionare automaticamente al centro i disegni impaginati;
- Il selettore inserimento disegni, inoltre, permette di settare il comportamento dell'impaginatore nei confronti di nuove impaginazioni.

Nella parte bassa della finestra sono riportati il numero di disegni impaginati e il numero di pagine che occupano. Il tasto **[Cancella tutto]** permette di cancellare tutti i disegni impaginati.

8.1.1.2 Inserimento didascalia

Alla finestra **Inserimento didascalia** si accede dall'omonima voce della barra dei comandi **Opzioni grafiche**.



Dalla finestra è possibile impostare il testo delle didascalia (**Didascalia disegno**), la rotazione delle didascalia rispetto all'orizzontale, espresso in gradi (**Rotazione**) e formato del carattere (dal pulsante **[Caratteri >>]**).

8.1.1.3 Elenco didascalie

La finestra, visualizzata dalla voce **Elenco didascalie** del pop-up menu, consente di inserire un numero illimitato di didascalie su tutti i disegni visualizzati nella finestre grafiche:



Nella colonna **Vista**, attraverso il combo-box presente, si seleziona il disegno cui attribuire la didascalia.

- Nella colonna **Testo** si inserisce il testo che comparirà sul disegno.
- Le colonne **X** ed **Y** consentono di definire la posizione della disclia sul disegno.
- La colonna **A(°)** consente di definire l'angolo di rotazione del testo inserito.
- Nella colonna **Font** si sceglie il carattere con cui scrivere la disclia.

Oltre che modificando le coordinate X ed Y, le didascalie possono essere spostate sul disegno mediante trascinamento con il mouse.

Per disattivare tutte le didascalie inserite, si disabilita il **check-box Attiva didascalie**.

Per disattivare una singola didascalia, nel combo-box della corrispondente riga si seleziona la voce **Disattiva**.

8.1.1.4 Impostazione font

Alla finestra **Impostazione font** si accede dall'omonima voce della barra dei comandi **Opzioni grafiche**.

Dalla finestra è possibile impostare i caratteri che definiscono il testo, generalmente descrizioni standard, e le quotature, generalmente la parte numerica di quotatura dei diagrammi.



8.1.1.5 Opzioni viste

La finestra permette di impostare la visualizzazione:

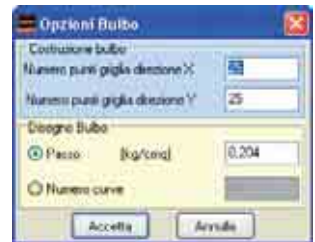
- della descrizione dei terreni;
- la quotatura degli strati;
- la quotatura della fondazione;
- la quotatura dei livelli d'iniezione.



8.1.1.6 Opzioni Bulbo

La finestra permette di impostare:

- Il numero di punti in direzione X e Y della griglia di costruzione del bulbo delle tensioni;
- Il numero di curve da visualizzare o il passo di tali curve.



8.1.2 Barra dei comandi Zoom e Pan

Questa toolbar permette di gestire il disegno attivo mettendo a disposizione dell'utente una serie di comandi tipici degli ambienti CAD:



Zoom +, ingrandimento del disegno



Zoom -, riduzione del disegno



Zoom finestra, ingrandimento di una parte selezionata del disegno



Ripristina, ridimensionamento del disegno



Zoom dinamico



Spostamento a sinistra



Spostamento a destra



Spostamento in basso



Spostamento in alto



Pan, spostamento dinamico

8.1.3 Barra dei comandi Viste dei risultati

In questa barra sono contenuti i comandi per accedere alle viste grafiche dei risultati:



Stratigrafia, permette di visualizzare la stratigrafia del terreno. La stratigrafia del terreno può essere integrata con l'aggiunta della quotatura degli strati, di una didascalia e di alcune delle caratteristiche meccaniche e fisiche di ogni strato attivando le opzioni relative nella finestra **Opzioni Grafiche**.

Le legende dei terreni possono essere spostate nella finestra semplicemente trascinandole con il mouse.



URETEK S.I.M.S., attraverso il pulsante posto sulla barra verticale, permette di visualizzare i risultati ottenuti per i vari livelli.



Bulbo delle tensioni, attiva la funzione di visualizzazione dei bulbi delle tensioni. Appena si clicca su questo pulsante viene visualizzata la geometria della fondazione in pianta e viene lanciato un messaggio che invita l'Utente a individuare un piano (**X-Z** o **Y-Z**) in pianta dove si vogliono conoscere le tensioni. Individuato il piano vengono visualizzati i bulbi delle tensioni.

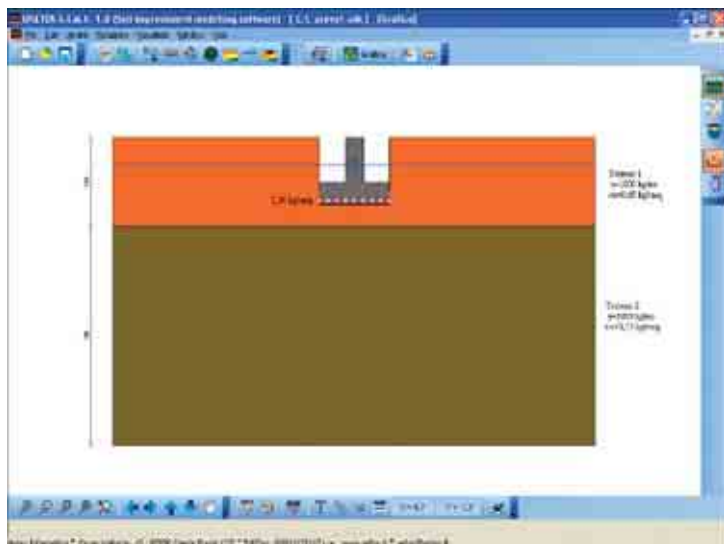
È possibile interrogare le tensioni indotte nel terreno cliccando con il tasto sinistro del mouse nel punto desiderato.



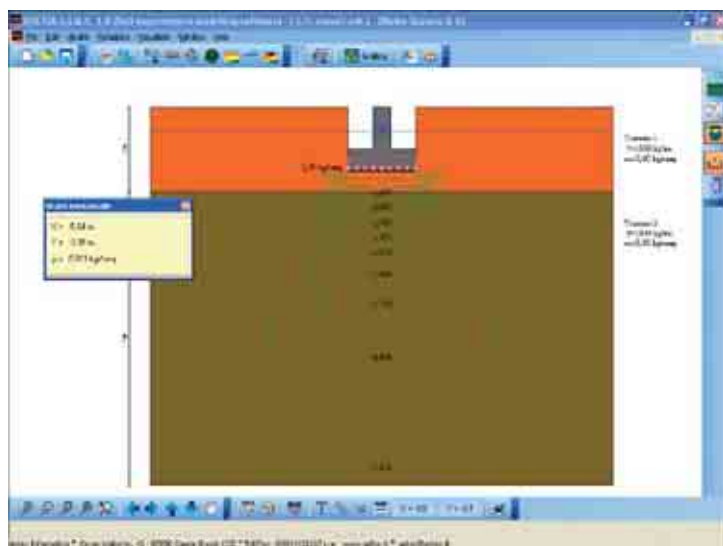
Cambia sezione, permettono di passare dalla visualizzazione nel piano **X-Z** al piano **Y-Z**.

8.2 Viste specifiche

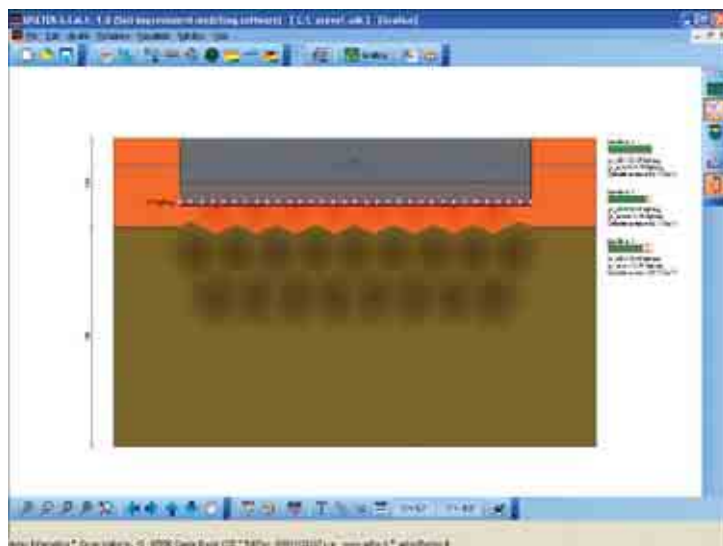
8.2.1 Visualizzazione stratigrafia



8.2.2 Visualizzazione sfere resina intervento

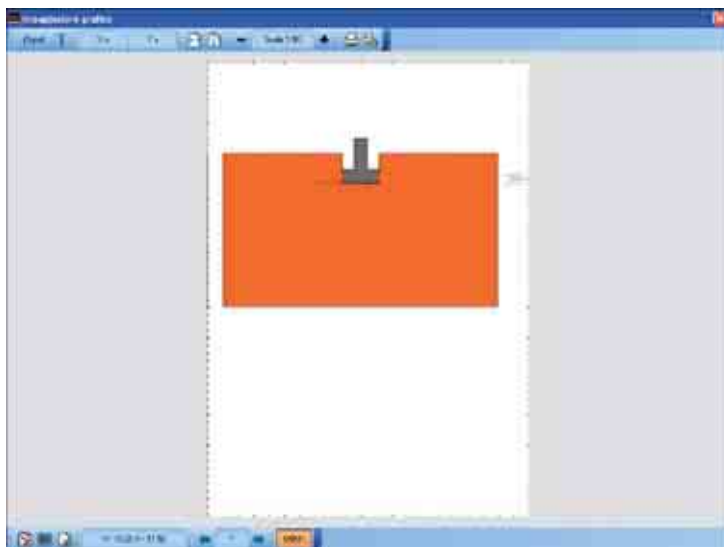


8.2.3 Visualizzazione bulbo



9 Impaginatore

La finestra compare con l'ingombro del foglio impostato nella stampante di sistema con al centro riportato il disegno attivo:



E' possibile posizionare il disegno sul foglio mediante trascinamento con il mouse: si clicca in corrispondenza del disegno e lo si trascina nella nuova posizione, rilasciando quindi il mouse.

Sulla barra orizzontale superiore sono riportati i seguenti pulsanti:

Chiudi

cliccando sul pulsante si abbandona la fase di anteprima di stampa e si ritorna alla finestra grafica.



cliccando sul pulsante si accede all'**help in linea**.



cliccando sul pulsante è possibile inserire delle didascalie nella pagine corrente. Per modificare o cancellare le didascalie inserite basta posizionarsi con il mouse nei pressi della didascalia da cancellare o modificare e fare il doppio click.



cliccando sul pulsante si ottiene la centratura del disegno sul foglio in senso orizzontale.



cliccando sul pulsante si ottiene la centratura del disegno sul foglio in senso verticale.

X=

Y=

nel riquadro sono riportate le coordinate di posizione del mouse nella pagina del disegno.

Scala:

il riquadro riporta la scala impostata.



cliccando sui pulsanti è possibile decrementare ed incrementare il fattore di scala.



con il pulsante si avvia la procedura di stampa.



il pulsante consente di settare i parametri della stampante utilizzata.



Per la composizione delle tavole di disegno si può utilizzare l'**Impaginatore Grafico**.

La selezione dei disegni avviene attraverso la voce **Impagina disegno** del pop-up menu visualizzato cliccando con il tasto destro del mouse sulla finestra grafica.

Nella barra orizzontale inferiore sono presenti i seguenti pulsanti:



cliccando sul pulsante vengono cancellati tutti i disegni inseriti. Per cancellare un singolo disegno basta selezionarlo con il clic del mouse e premere il tasto **[Canc]**.



cliccando sul pulsante è visualizzata la finestra **Elenco disegni**.



cliccando sul pulsante è visualizzata la finestra **Impostazioni disegno**.



cliccando sul pulsante è possibile **attivare/disattivare lo snap**.



nel riquadro è riportata la pagina corrente, i pulsanti consentono di scorrere le pagine.



Cliccando con il tasto destro del mouse nella finestra, compare un menu contenente le seguenti voci:

- **Taglia**, consente di tagliare il disegno selezionato
- **Incolla**, consente di incollare il disegno precedentemente tagliato nella pagina corrente e nel punto di clic del mouse.

9.1.1 Elenco disegni

Alla finestra **Elenco disegni** si accede dal pulsante acceleratore presente sulla barra dei comandi inferiore dell'**impaginatore grafico**.

I dati visualizzati nelle colonne della tabella sono:

- **N°**, identificativo del disegno;
- **X**, espresso in [L2], ascissa posizione disegno sul foglio;
- **Y**, espresso in [L2], ordinata posizione disegno sul foglio;
- **Disegno**, Vista di appartenenza del disegno inserito;
- **nr. pag.**, numero di pagina di appartenenza del disegno.



Per modificare numericamente la posizione del disegno sul foglio basta inserire le nuove coordinate nelle relative celle delle colonne **X** ed **Y**.

Modificando il corrispondente valore della colonna **nr. pag.** è possibile spostare i disegni da una pagina all'altra (operazione di taglia ed incolla).

Cliccando sul pulsante **[Elimina]** viene cancellato il disegno correntemente selezionato nella tabella.

9.1.2 Scala disegni

Nella finestra **Scala disegno** è possibile impostare:

- **fattore di scala** del disegno per la stampa;
- **riposizionamento dei disegni** sul foglio con relativa distanza tra i disegni, espressa nell'unità di misura [L2];
- **attivazione dello snap** per lo spostamento con relativo valore, espresso nell'unità di misura [L2];



10 Menu Help

Nel menu in esame sono riportati i comandi per accedere ad alcune delle parti del sistema di aiuto.

The screenshot displays the URETEK S.I.M.9 1.0 software interface. The title bar indicates the application name and version. The main window is divided into several sections:

- Left Sidebar:** A tree view showing the project structure, including folders like 'Library', 'Simulation', 'Modeling', and 'Simulation'. The 'Simulation' folder is currently selected.
- Top Panel:** Displays the application title 'URUTEX S.I.M.9 1.0' and the subtitle 'Real-time Simulation Modeling Software'.
- Left Pane (Toolbox):** A list of simulation components categorized by type (e.g., Process, Storage, Transport, etc.). Each component has a small icon and a brief description.
- Right Pane (Library):** A list of simulation models and their parameters. The list includes columns for the model name, its parameters, and a brief description. The 'Library' section is currently active.

The interface is designed for real-time simulation modeling, allowing users to build and simulate complex systems using the provided components and models.

Il menu, una volta attivato, si presenta come in figura e le voci in esso presenti riguardano:

- **Indice**, tramite questo comando si richiama il sommario dell'Help.
- **Informazioni**, tramite questo comando si accede alla finestra di dialogo dove è riportata l'installazione dell'Utente e la versione del programma.

11

Il modello nel dettaglio: la teoria

Il processo di espansione della resina iniettata puntualmente all'interno del terreno si presta ad essere inquadrato teoricamente come il processo di espansione nel terreno di una cavità di forma sferica (o cilindrica, se si tratta di più iniezioni ravvicinate disposte lungo un asse verticale) in condizioni quasi-statiche.

Il terreno è caratterizzato da un comportamento di tipo elasto-perfettamente plastico e sottoposto ad uno stato tensionale iniziale isotropo, con pressione $p_0 = (1+2K_0) \sigma_{v0} / 3 + dp$, dove: $dp = q_0' l_c (B/L, z)$, indica l'incremento di pressione dovuto alla fondazione, calcolato alla profondità d'iniezione secondo la **teoria di Boussinesq**.

Durante il processo di espansione, all'aumentare della pressione interna alla cavità (di raggio iniziale $r_{a0} = 0,006$ m corrispondente al raggio del condotto utilizzato per l'iniezione), il terreno rimane inizialmente in campo elastico. Al raggiungimento di un determinato valore della pressione interna alla cavità (valore corrispondente alla pressione di rigonfiamento della **resina Uretek Geoplus®**), iniziano le deformazioni plastiche.

Al progredire del processo la zona plastica si espande e così quella elastica, fino al raggiungimento della pressione limite (Sig_{lim}).

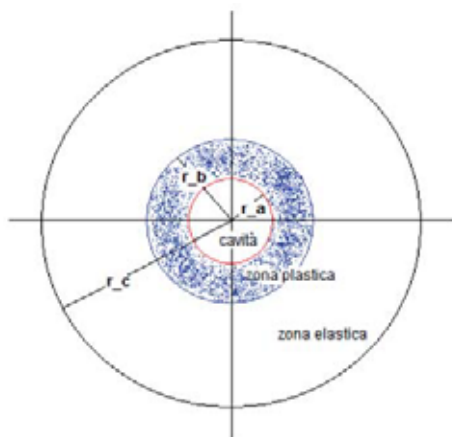


Figura 1.
Definizione dei campi
plastico ed elastico che
circondano la cavità.

Nell'analisi si assume che, una volta raggiunta la pressione limite, i rapporti r_b / r_a e r_c / r_b rimangano costanti al progredire dell'espansione, fino a quando la resina solidifica.

Con riferimento alla figura 1, con r_a si indica il raggio della cavità, con r_b il raggio di confine zona plastica-zona elastica e con r_c la distanza alla quale lo stato tensionale (Sig_c) è tale per cui $(Sig_c - p_0) \leq 1\% p_0$ (zona d'influenza dell'iniezione).

Il processo di espansione viene trattato teoricamente secondo le procedure indicate da Yu e Houlsby ("Finite cavity expansion in dilatant soils: loading analysis", Géotechnique 41, n.2, 1991) adottando un'analisi alle grandi deformazioni nella zona plastica ed alle piccole deformazioni nella zona elastica.

In tale ambito il rapporto r_a / r_{a_0} tra il raggio della cavità sotto l'azione della generica pressione p ed il raggio iniziale della cavità è esprimibile attraverso la seguente espressione:

$$\frac{r_a}{r_{a_0}} = \left\{ \frac{R^{-\gamma}}{(1-\delta)^{(\beta+m)/\beta} - (\gamma/\eta)\Lambda_1(R, \xi)} \right\}^{\beta/(\beta+m)} \quad (1)$$

dove :

$$R = \frac{(m+\alpha)[Y + (\alpha-1)p]}{\alpha(1+m)[Y + (\alpha-1)p_o]}, \text{ rapporto di pressione della cavità}$$

$m = 1$ (cavità cilindrica) o 2 (cavità sferica)

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)}; Y = \frac{2c \cos(\varphi)}{1 - \sin(\varphi)}; \alpha = \frac{1 + \sin(\varphi)}{1 - \sin(\varphi)}; \beta = \frac{1 + \sin(\psi)}{1 - \sin(\psi)}; \gamma = \frac{\alpha(\beta+m)}{m(\alpha-1)\beta}; \delta = \frac{Y + (\alpha-1)p_o}{2(m+\alpha)G}$$

$$\eta = \exp\left(\frac{(\beta+m)(1-2\nu)[Y + (\alpha-1)p_o][1 + (2-m)\nu]}{E(\alpha-1)\beta}\right)$$

$$\xi = \frac{[1 - \nu^2(2-m)](1+m)\delta}{(1+\nu)(\alpha-1)\beta} \left[\alpha\beta + m(1-2\nu) + 2\nu - \frac{m\nu(\alpha+\beta)}{1-\nu(2-m)} \right]$$

$$\Lambda_1(x, y) = \sum_{n=0}^{\infty} A_n^1$$

$$A_n^1 = \begin{cases} \frac{y^n}{n!} \ln(x) & \text{se } n = \gamma \\ \frac{y^n}{n! (n-\gamma)} [x^{n-\gamma} - 1] & \text{se } n \neq \gamma \end{cases}$$

mentre il rapporto r_b / r_a tra il raggio della zona plastica e il raggio della cavità è esprimibile come :

$$\frac{r_b}{r_a} = R^{\alpha / [m(\alpha-1)]}$$

Il valore della pressione limite (Sig_lim) si ottiene ponendo $r_a / r_a_o \rightarrow \infty$ e quindi eguagliando a zero il termine al denominatore della (1).

Ipotizzando che l'espansione della resina provochi in ogni caso il raggiungimento della pressione limite (ipotesi plausibile in quanto la resina **Uretek Geoplus®** sviluppa una pressione di rigonfiamento massima in condizioni edometriche pari a 10,2 MPa), si procede alla determinazione del volume di resina da iniettare, in relazione al coefficiente di miglioramento di progetto e quindi al raggio d'influenza (r_c) dell'iniezione che si desidera ottenere. Valutando di conseguenza il raggio della cavità (r_a), il raggio della zona plastica (r_b) e la tensione radiale all'interfaccia plastica-elastica (Sig_b).

Nel calcolo del volume da iniettare (Vri o $Vol.res.iniez.$), si considera che parte del volume della resina post-espansione (Vrf) occupi la cavità e parte penetri nella zona plastica, secondo una percentuale volumetrica che per default viene posta al 30% ($Resina/Terreno = 0.3$), ma risulta modificabile in relazione alla tipologia del terreno. Calcolato quindi un volume della resina post-espansione, il volume di resina da iniettare **dipenderà strettamente dalla tipologia di resina scelta per l'intervento di consolidamento** attraverso una relazione di tipo sperimentale che lega la pressione di rigonfiamento al volume della resina post-espansione (Vrf):

*Relazione sperimentale
determinata in
laboratorio su campioni
di resina Uretek
Geoplus®*

$$Vri = \frac{Vrf}{3.7843 Sig_lim(MPa)^{-0.6216}}$$

Scelto il raggio di influenza (r_c) è possibile determinare la quantità di resina da iniettare per singolo foro che dipenderà principalmente dalle caratteristiche della resina utilizzata, dalle caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione, dallo stato di tensione agente nel punto di iniezione e dai risultati attesi. Condizione necessaria per la formazione del processo sopra descritto risulta la pressione di rigonfiamento massima della resina che deve risultare superiore alla pressione limite del terreno. La resina Uretek Geoplus®, oltre a presentare tale caratteristica, permette di ottenere un notevole rendimento in termini di risultato finale.

I dati relativi alle modifiche indotte dall'espansione sui parametri di resistenza del terreno vengono definiti al variare della distanza dall'asse di iniezione e, successivamente, ne viene calcolato il valore rappresentativo al disotto del sedime di fondazione. In questo modo si ha la possibilità di valutare il miglioramento dei parametri di resistenza del terreno sottostante la proiezione orizzontale della parete dell'edificio.

Tali parametri si riferiscono alla resistenza al taglio non drenata (c_{u_new}) ed alla resistenza di punta relativa ad una prova CPT (q_{c_new}). Nel caso di materiale granulare si considera solamente il valore q_{c_new} , in quanto il miglioramento di resistenza del terreno prodotto con il trattamento non dipende dall'incremento di angolo di resistenza al taglio del materiale, che si considera invariato a seguito dell'espansione, ma dalla variazione di tensione efficace nell'intorno del punto di iniezione.

Le modifiche di resistenza sono valutate con riferimento alla variazione di pressione indotta dall'iniezione in corrispondenza della verticale di prova, secondo le espressioni sottoriportate, dove $\sigma'_v = \text{Sig_cpt}$ nel caso di terreni granulari e $\sigma'_v = \text{Sig_cpt} - u$ nel caso di terreni coesivi. Il valore Sig_cpt è da considerarsi rappresentativo del valore medio presente sotto la fondazione dell'edificio.

Per materiali coesivi: $\frac{c_u}{\sigma'_v} = 0.22 \text{ OCR}^{0.8}$; $q_c = 20 c_u + \sigma'_v$

Per materiali granulari: $q_c = \sigma'_v e^{5.241 \tan(\varphi)}$

Il calcolo sopra illustrato, eseguito per ogni livello d'iniezione, permette di progettare un intervento di consolidamento del terreno di fondazione fornendo un valore dell'incremento dei parametri di resistenza in ogni punto del volume trattato.

L'attendibilità del procedimento di calcolo adottato è stata verificata a mezzo sperimentazioni condotte comparando i risultati teorici con test penetrometrici comparativi realizzati in cantieri reali.

Bibliografia

- 1) Yu H.S., Houlsby G.T., 1991. *Finite cavity expansion in dilatant soils: loading analysis*. Géotechnique, 41 (2), 173-183;
- 2) Favaretti M., Germanino G., Pasquetto A., Vinco G., 2004. *Interventi di consolidamento dei terreni di fondazione di una torre campanaria con iniezioni di resina ad alta pressione d'espansione*, XXII Convegno Nazionale di Geotecnica, Palermo, Italy.
- 3) Dei Svaldi A., Favaretti M., Pasquetto A., Vinco G., 2005. *Analytical modelling of the soil improvement by injections of high expansion pressure resin*, Ground Improvement Techniques, Coimbra, Portugal.



Software sviluppato da **AZTEC Informatica®**
con modello di calcolo fornito da **URETEK®**



URETEK s.r.l.
37021 Bosco Chiesanuova (VR)
Via Dosso del Duca, 16
Tel 045 6799111 - Fax 045 6799138
www.uretek.it - uretek@uretek.it

