



**URETEK®**

**Trattamento di terreni  
sensibili al fenomeno di  
ritiro/rigonfiamento  
con il**

---

**METODO URETEK®  
DEEP INJECTIONS**



**BREVETTO EUROPEO  
N° 0 851 064**



Le iniezioni di resine poliuretaniche espandenti non si limitano solamente al consolidamento del terreno, ma modificano anche il comportamento di terreni sensibili a fenomeni di essiccamento e reidratazione.

Recentemente sono stati realizzati degli studi sull'effetto delle iniezioni di resina espandente URETEK per il trattamento di terreni argillosi sensibili al ritiro/rigonfiamento:

## 1 "Modello concettuale per il trattamento con resina poliuretanicca espandente, delle argille sensibile al di sotto delle fondazioni"

Realizzato in Australia da:

- Olivier Buzzi,
- Stephen Fityus,
- Yasumasa Sasaki.

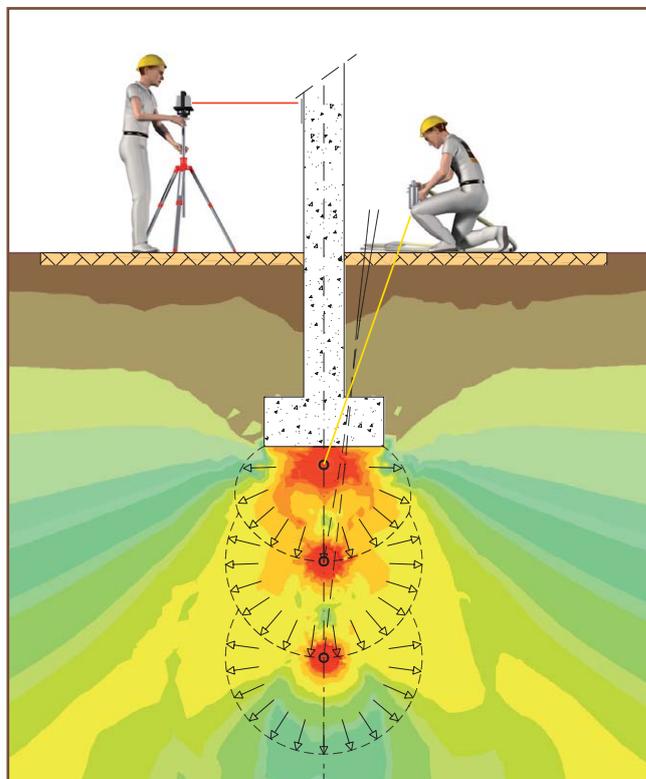
Centre for Geotechnical and Materials Modelling, School of Engineering, University of Newcastle, NSW2008 Australia.

## 2 "Consolidamento del terreno con iniezioni di resina poliuretanicca (tecnologia Uretek Deep Injections®) per l'attenuazione del rigonfiamento e ritiro dei terreni argillosi"

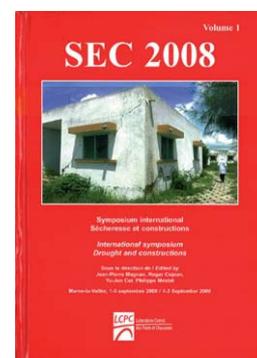
Realizzato in Italia da:

- Alberto Paschetto,
- Matteo Gabassi,
- Gianluca Vinco  
Uretek Srl
- Cristiano Guerra  
Università di Urbino, Italia

# URETEK® DEEP INJECTIONS



Questo studio è stato presentato al simposio internazionale sulla siccità organizzato dall'istituto francese LCPC - Laboratorio di Ponti e Strutture (cfr. pagina 343 degli atti del convegno SEC 2008, Magnan, Cojean, Cui e Mestat, 2008, Edizioni LCPC, Parigi).



**1** Il primo studio, **“Modello concettuale per il trattamento con resina poliuretanicamente espandente, delle argille sensitive al di sotto delle fondazioni”**, ha dimostrato che:

**a]** La resina penetra anche in fessure di spessore pari a **1/10 mm** e che l'interfaccia terreno-resina raggiunge spessori compresi tra **1 e 3 mm**.

**b]** La penetrazione della resina URETEK nei macropori provoca una diminuzione della **“permeabilità del terreno in sito”**.

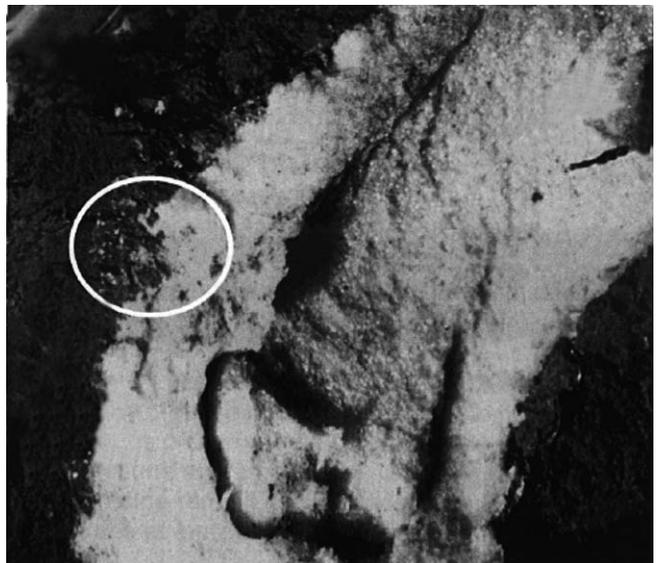
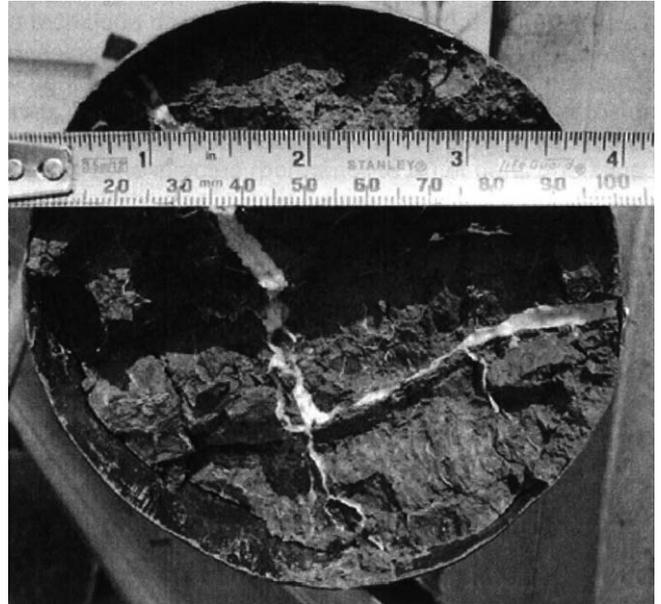
Nello studio si precisa: **“la permeabilità che si deve considerare per il terreno di fondazione non è quella misurata su un campione per mezzo di prove di laboratorio, bensì la permeabilità di un ammasso di terreno in sito caratterizzato da una sua struttura”**.

L'importanza di prendere in considerazione le **caratteristiche del terreno in sito** è stata evidenziata negli studi realizzati da BRGM, LCPC e l'Ecole de Mines di Parigi di seguito menzionati.

Nell'ambito dell'analisi del ritiro e rigonfiamento e il suo impatto sulle costruzioni (ARGIC), gli stessi hanno infatti evidenziato la **rilevanza delle differenze di comportamento tra i terreni in sito e quelli ricostituiti in laboratorio**.

**c]** Basandosi sull'analisi dei risultati delle prove di permeabilità realizzate dopo le iniezioni di resina URETEK, lo studio conclude che **“l'iniezione di resina in un terreno può ridurre la permeabilità per porosità di circa un fattore 50”**.

Questo rappresenta un **miglioramento determinante** relativo al comportamento del terreno in presenza di fenomeni di essiccazione e reidratazione.

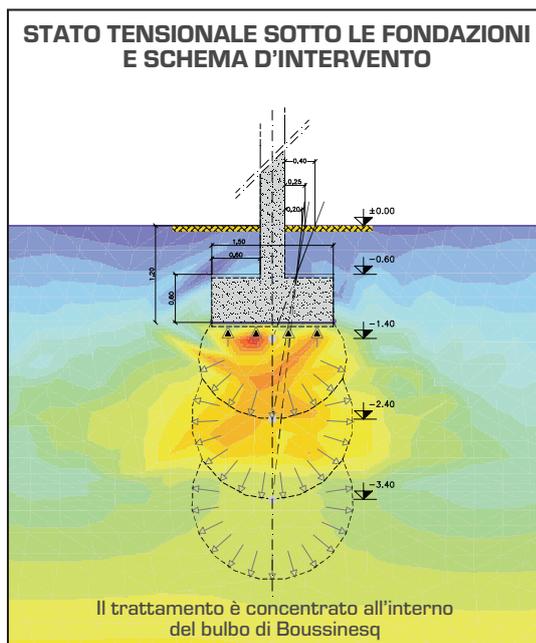


Ingrandimento al microscopio

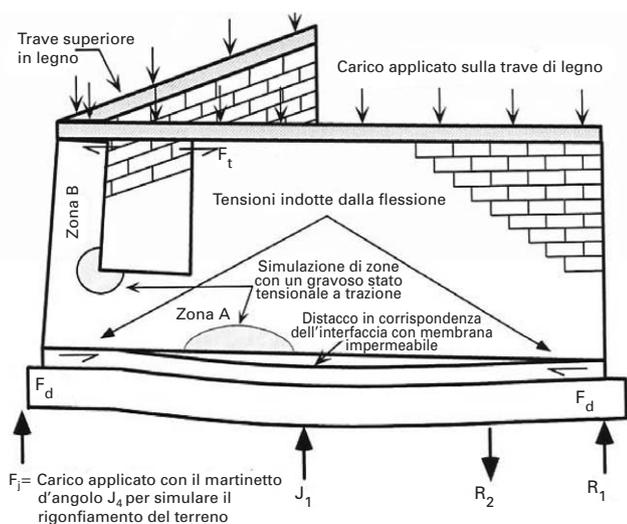


Le iniezioni realizzate nella prima fase del trattamento in corrispondenza dell'interfaccia terreno-fondazione permettono inoltre:

- il riempimento dei vuoti presenti direttamente sotto le fondazioni e l'impermeabilizzazione dell'interfaccia;
- la ricomprensione del sedime di fondazione, che consente il ritensionamento del sistema terreno-struttura ripristinando la condizione iniziale dell'edificio.



Il metodo URETEK Deep Injections® permette di ristabilire una perfetta interazione tra terreno e struttura.



Schema 1: reazione di una struttura in muratura alle deformazioni differenziali di una fondazione (Muniruzzaman, 1997)



Gli effetti della penetrazione della resina nel terreno sono diversi: riempimento delle fessure di ritiro, idrofratturazione e compattazione

**2** Il secondo studio, **“Consolidamento del terreno con iniezioni di resina poliuretanic (tecnologia Uretek Deep Injections®) per l’attenuazione del rigonfiamento e ritiro dei terreni argillosi”**, ha dimostrato che:

**a)**

**“L’aumento della densità dei terreni compressi con le iniezioni di resina espandente previene il rischio di forti variazioni di volume future”**

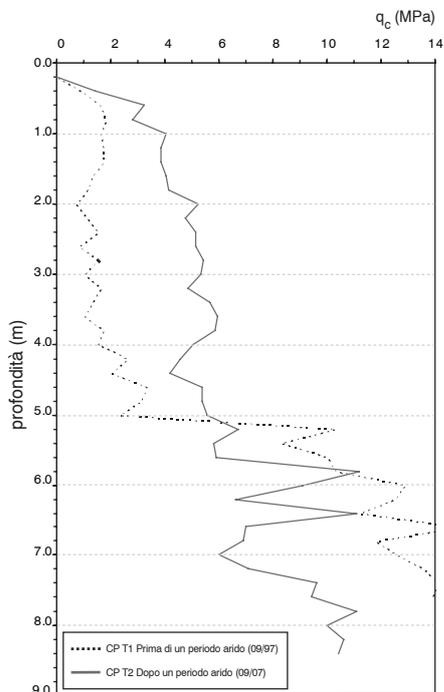
**“La sostituzione dell’acqua del terreno con la resina riduce in maniera considerevole gli eventuali rischi di cedimento legati a un’ulteriore diminuzione del contenuto naturale d’acqua”** [cfr. 348]

Il trattamento con resina URETEK provoca:

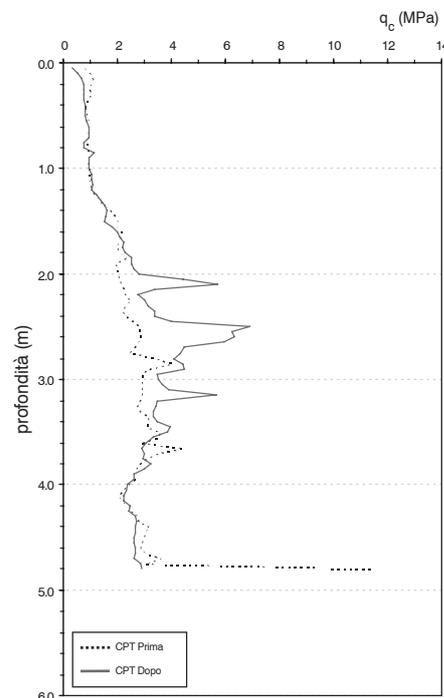
- l’aumento della resistenza penetrometrica dinamica del terreno;
- la saturazione dei vuoti del terreno con conseguente diminuzione del contenuto naturale d’acqua  $w_n$ .

Questi effetti corrispondono esattamente a quelli osservati dopo un periodo di forte siccità.

Il risultato è la considerevole diminuzione del potenziale di ritiro del terreno in caso di una nuova siccità.



Comparazione delle prove penetrometriche realizzate prima e dopo un periodo arido



Comparazione delle prove penetrometriche realizzate prima e dopo iniezioni di 20 kg di resina ad una profondità di 2,8 m, con il metodo Uretek Deep Injections®

Nota: la figura ha l’obiettivo di evidenziare l’effetto di una sola iniezione puntuale a 2,8 m di profondità. In caso di trattamento al di sotto delle fondazioni si realizzano una serie di iniezioni a diversi livelli di profondità, i cui effetti si sviluppano lungo tutta l’altezza trattata.



**b]**

Lo studio presenta un metodo di calcolo per valutare la riduzione dei cedimenti dopo il trattamento con tecnologia Uretek Deep Injections®:

Lo studio analizza il caso di una casa privata, su un terreno interessato da un periodo di siccità (IP=39), ubicata ad Antibes Juan-Les-Pins.

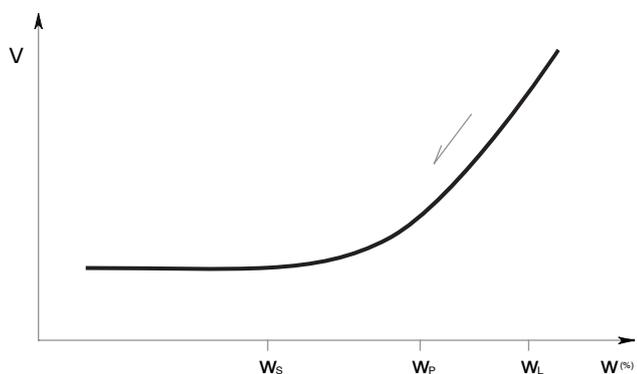
Considerando che il volume di resina iniettato nel terreno è pari a circa:

$$RV = \frac{V_r}{V} = \frac{40}{1.000} = 0,04 = 4,0\%$$

e che la formula tiene conto del volume d'acqua sostituito con la resina, considerandolo pari a:

$$\Delta w = \frac{\Delta V_w}{V} \cdot \frac{\gamma_w}{\gamma_d} = 0,04 \cdot \frac{10}{17} = 0,023 = 2,3\%$$

si è dimostrato che dopo il trattamento URETEK Deep Injections® fino ad una profondità di 3,00 m: "la curva della prova di ritiro permette di stabilire che la riduzione del futuro cedimento dovuta a nuove perdite d'acqua è pari a 35 mm."



Relazione tra volume e contenuto naturale d'acqua



Le iniezioni sono sempre controllate con monitoraggio laser



## **Efficacia e limite del trattamento di terreni argillosi con il metodo URETEK DEEP INJECTIONS.**

### **Le iniezioni nel terreno di resina espandente URETEK hanno i seguenti effetti:**

- la compattazione del terreno provoca una diminuzione dell'indice dei vuoti ed un addensamento del terreno;
- il riempimento e l'impermeabilizzazione dei macrovuoti residui al di sotto delle fondazioni e delle fessure dovute al ritiro, che fungono da vie preferenziali per il drenaggio dell'acqua libera;
- lo "schiacciamento" dello scheletro solido, quando la resina si espande tridimensionalmente, che comporta la modificazione delle proprietà meccaniche e dei parametri geotecnici del terreno.

### **Il trattamento Uretek Deep Injections® induce:**

- la diminuzione di un fattore 50 della permeabilità in situ, che regola i percorsi di drenaggio-idratazione ed anche il ritiro-rigonfiamento dell'ammasso di terreno;
- l'aumento della densità del terreno e la diminuzione del suo contenuto naturale d'acqua, mitigando i rischi legati a una futura siccità;
- il sostanziale abbattimento del potenziale di essiccamento/reidratazione e di quello di ritiro/rigonfiamento.

Le iniezioni di resina poliuretanica espandente URETEK, resina costituita da un polimero a catena chiusa con bassa permeabilità ( $K=2 \times 10^{-8}$  m/s), **permettono di ritardare e limitare in maniera determinante le variazioni del contenuto naturale d'acqua e di conseguenza i fenomeni di ritiro e rigonfiamento dei terreni argillosi.**

I cantieri realizzati in tutto il mondo, tra cui diverse migliaia in Italia, hanno dimostrato l'efficacia del procedimento URETEK per il trattamento di problematiche legate alla siccità. Questa efficacia è stata avvalorata dagli studi precedentemente menzionati.

Dato lo stato attuale delle conoscenze, URETEK limita l'applicazione del suo procedimento in presenza di terreni argillosi i cui minerali siano particolarmente soggetti a rigonfiamenti interparticellari di grande entità, **dove l'entità della pressione e del potenziale di rigonfiamento e le sollecitazioni da essi derivanti possono provocare rischi strutturali.**

I criteri di applicabilità del procedimento URETEK – menzionati in seguito – sono stati stabiliti sulla base di ricerche scientifiche enunciate nella prima parte e dell'esperienza frutto dei molti cantieri realizzati.

Si sono inoltre prese in considerazione le ricerche realizzate nell'ambito del Progetto ARGIC (analisi del ritiro e rigonfiamento ed incidenza sulle costruzioni), organizzato da BRGM, LCPC ed Ecole des Mines di Parigi alcune delle quali vengono menzionate più avanti.



## Approccio per la valutazione della suscettibilità al ritiro/rigonfiamento, in considerazione di quanto emerso durante il simposio sulla siccità tenutosi a Parigi nel 2008 (SEC 2008):

Come si è evidenziato precedentemente è importante analizzare in maniera scrupolosa le caratteristiche dei terreni argillosi **per potersi pronunciare efficacemente in merito alla loro suscettibilità al ritiro/rigonfiamento.**

Alcuni studi realizzati nell'ambito di ARGIC e presentati durante il simposio sulla siccità tenutosi a Parigi nel 2008, hanno dimostrato che le prove classiche di analisi non sempre danno risultati soddisfacenti.

Gli studi **“Prova a ritiro per una migliore classificazione della sensibilità dei terreni alla siccità”** (Makki et al.) e **“Caratterizzazione del comportamento di ritiro-rigonfiamento dell'argilla di Bavent”** (Duc et al.) pubblicati negli atti del convegno SEC 2008 Magnan, Cojean, Cui e Mestat, 2008, Edizioni LCPC, Parigi, pagg. 257-272, hanno evidenziato quanto segue:

Per stabilire una **metodologia di valutazione della sensibilità dei terreni argillosi alla siccità**, lo studio ha analizzato una particolare tipologia di argilla denominata argilla di Bavent (regione di Rouen).

Per la valutazione della suscettibilità al ritiro/rigonfiamento dell'Argilla di Bavent sono state utilizzate alcune classificazioni messe a punto in letteratura e basate sulle proprietà indice.

Questo criterio ha permesso di compilare la seguente tabella:

Applicazione delle classificazioni all'argilla di Bavent

Classificazione	Parametri	Potenziale di rigonfiamento
Altmeyer (1995)*	$W_s$	Critico
Rangaratham y Satyanarayana (1963)*	$I_s$	Forte
Seed y al. (1962)	$I_p$	Medio
Classificazione SNEP o ASTM D4546-03 (metodo A)	$e_{sw}^*$	Debole
Classificazione BRE (Building Research Establishment)	$I_p, \% < 2\mu m$	Medio
Classificazione EPA (US Environmental Protection Agency)	$A_c, CEC_c$	Debole
Chen (1998) **	$w_L, \% < 74\mu m$	Forte
Williams y Donaldson (1980)	$I_p, \% < 2\mu m$	Medio
Holtz y Gibbs (1956)	$w_L, I_p, \% < 2\mu m$	Molto forte
Dakshnamurthy (1978)*	$w_L, W_s, I_p$	Medio

\*citato da Butel (2001) \*\*citato da Windal (2001)

Le classificazioni disponibili non permettono di prevedere il potenziale di rigonfiamento dell'argilla di Bavent né, in generale, della maggior parte dei terreni. E' difficile classificare i terreni rigonfianti utilizzando proprietà indice misurate su terreni rimaneggiati. La struttura e la cementazione dei grani (come per esempio nel caso della marna) vengono ignorate, mentre si tratta di due parametri importanti che non possono essere riprodotti in laboratorio, poiché sono legati alla storia geologica del terreno. E' indispensabile realizzare delle prove meccaniche di ritiro-rigonfiamento per classificare i terreni in modo scrupoloso.

### Riassunto dei punti essenziali:

**“Concludendo, le classificazioni disponibili in letteratura non permettono di prevedere il potenziale di rigonfiamento dell'argilla di Bavent (esempio studiato) né, in generale, della maggior parte dei terreni”.**

**“E' difficile classificare i terreni rigonfianti a partire solamente da proprietà indice misurate spesso su terreni rimaneggiati”.**

**“La struttura e cementazione dei grani (come per esempio nel caso della marna) vengono ignorate anche se si tratta di due parametri importanti, che non possono essere riprodotti in laboratorio poiché sono legati alla storia geologica del terreno”.**

In seguito a quanto emerso dallo studio, è partita un'intensa attività di ricerca di prove efficaci per la determinazione della sensibilità a fenomeni di ritiro e rigonfiamento dell'argilla in generale e dell'argilla di Bavent nello specifico.

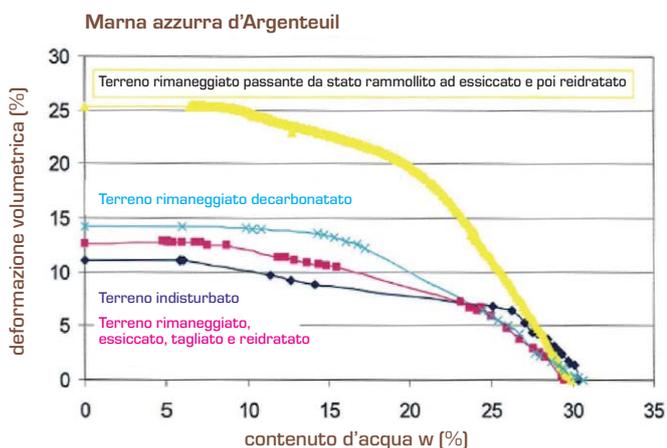


Conclusioni:

- le prove di ritiro-rigonfiamento a pressione costante, realizzate con l'edometro sono quelle più idonee ma devono **obbligatoriamente realizzarsi su campioni di terreno indisturbati**.
- le prove in edometro realizzate secondo la norma XP P94-091 sono meno efficaci rispetto a quelle realizzate secondo la norma ASTM D4546-03 metodo A su campione a volume costante.

Questo appare evidente nel grafico e tabella sotto riportati:

- nel grafico seguente appare evidente la marcata differenza di deformazioni volumetriche del terreno, in funzione della variazione del contenuto d'acqua, **tra un campione di terreno rimaneggiato (colore giallo) e uno di terreno indisturbato (colore celeste)**.



Analizzando diverse prove realizzate sull'argilla di Bavent si può concludere che:

“Nonostante tutti questi dati confermino che l'argilla di Bavent non è un'argilla particolarmente espandente, questo dato non si deduce chiaramente dalle classificazioni esistenti dei terreni sensibili al ritiro/rigonfiamento. Ciò rafforza l'idea che è indispensabile realizzare delle prove meccaniche di ritiro/rigonfiamento su terreni indisturbati per considerare l'influenza della loro storia e struttura, che non sempre sono legati ai parametri utilizzati in queste classificazioni”.

Le osservazioni sopra riportate sono state confermate nello studio: **“Relazioni fra le microstrutture di due terreni argillosi della regione di Parigi e la loro sensibilità al ritiro/rigonfiamento”** realizzato da M. Audiguier, Z. Geremew e R. Cojean, pubblicato negli atti del convegno SEC 2008, Magnan, Cojean, Cui e Mestat, 2008, Edizioni LCPC, Parigi, pagg. 235-243.

L'esame del comportamento di due terreni argillosi della regione di Parigi (marna azzurra di Argenteuil e argilla verde di Romainville), considerati molto sensibili al ritiro/rigonfiamento, evidenzia importanti differenze fra analisi di campioni di terreno indisturbato o rimaneggiato:

**“La presenza di carbonati e le trasformazioni diagenetiche subite dai materiali nel corso delle ere geologiche sono considerati all'origine della diversa suscettibilità al ritiro/rigonfiamento misurata su campioni di terreno indisturbato o rimaneggiato”.**

■ **Tabella II.** Rigonfiamento a pressione costante dell'argilla verde di Romainville e della marna azzurra di Argenteuil:

Formazione	AVR	MAA-1 carbonato 27 %	MAA-2 carbonato 58 %
Contenuto in acqua prima del rigonfiamento (campione indisturbato) %	25	32	23
Contenuto in acqua dopo il rigonfiamento (campione indisturbato) %	39	36	25
Contenuto in acqua prima del rigonfiamento (campione rimaneggiato) %	27	34	24
Contenuto in acqua dopo il rigonfiamento (campione rimaneggiato) %	51	56	35
Tasso di rigonfiamento a pressione costante (campione indisturbato) %	16	4	1,5
Tasso di rigonfiamento a pressione costante (campione rimaneggiato) %	32	26	15

“Con un contenuto in acqua equivalente, il tasso di rigonfiamento di AVR passa da 16 a 32% fra lo stato indisturbato e lo stato rimaneggiato, quello di MAA-2 passa da 1,5 a 15. Il tasso di rigonfiamento di MAA-1, il cui contenuto in acqua iniziale è maggiore, passa da 4 a 26%...omissis... Nello stato rimaneggiato la sua sensibilità è moltiplicata per un fattore da 6,5 a 10 in funzione del contenuto d'acqua iniziale e della percentuale di carbonati...” (cfr. pag. 237).

Da questi risultati emerge chiaramente che le **classificazioni che si utilizzano abitualmente non permettono di prevedere la suscettibilità reale al ritiro/rigonfiamento.**

Nella tabella sopra riportata si può vedere che le marne azzurre di Argenteuil (MAA -1), il cui tasso di rigonfiamento reale è del 4%, non presentano alcun rischio. Questo contraddice le classificazioni classiche basate sull'analisi dei parametri caratteristici:

$I_p = 47$ ,  $w_L = 89$ ,  $I_r = 68$ ,  $\% < 2\mu m = 78 \%$  Valore blu = 10, riportati nella seguente tabella (cfr. pag. 236).

Tabella 1. Caratteristiche mineralogiche, petrofisiche, geofisiche e geotecniche dell'argilla verde di Romainville e della marna azzurra di Argenteuil.

Formazione	AVR	MAA - 1	MAA - 2
Argilla	I,C,S*	I,C,S*	I,C,S,A fibrese*
% Carbonati	13	27	58
Porosità %	42	45	40
Peso volume secco kN.m <sup>-3</sup>	15	14	16
% < 2 $\mu$ m	78	78	82
Limite liquido w <sub>L</sub> %	75	89	63
Indice di plasticità I <sub>p</sub> %	35	47	35
Indice di ritiro I <sub>r</sub> %	59	68	47
Valore blu di metilene (VBS)	9	10	5
Superficie specifica m <sup>2</sup> .g <sup>-1</sup>	188	210	110

\* I = illite, C = caolinite, S = smectite, A fibrese = argille fibrese

Questo studio evidenzia anche **l'influenza dei carbonati sulle prove di suscettibilità al ritiro/rigonfiamento** e giustifica, ad esempio, la differenza di comportamento tra i due campioni di marna MAA-1 e MAA-2 della precedente tabella:

“...omissis... per MAA-1, il suo comportamento è inibito a causa dell'esistenza di un cemento di carbonato che si è formato nel corso della diagenesi e che unisce i grani fra loro. Nello stato rimaneggiato la storia diagenetica del materiale è stata parzialmente alterata”(cfr. pag. 238).

“Le trasformazioni diagenetiche (dissoluzione-precipitazione) sono responsabili della formazione di legami argilla-carbonati che sono distrutti durante il loro rimaneggiamento”.

“Così un materiale argilloso, contenente carbonati, classificato tra i terreni con potenziale di rigonfiamento forte o molto forte, potrà avere dei tassi di rigonfiamento molto bassi nel suo stato indisturbato” (cfr. pag. 243).

## Studio di applicabilità del metodo URETEK Deep Injections® per il trattamento dei terreni argillosi.

Osservazioni che concernono le classificazioni classiche:

gli studi riportati mostrano che le classificazioni abitualmente utilizzate non sempre si adattano alla qualificazione dei terreni di fondazione delle opere esistenti.

Test per classificare i terreni argillosi di reimpiego (creazione di piattaforme stradali), così come riportati su GTR (manuale tecnico stradale), si realizzano:

- a partire da campioni disturbati
- a partire da campioni tagliati (400 micron)

e non prendono in considerazione:

- la storia diagenetica del terreno e l'influenza dei carbonati oltre che i vincoli geologici della massa strutturata del terreno in situ.

- «lo stress del terreno » dopo i cicli di idratazione

A proposito di questo ultimo punto si veda anche lo studio: “Comportamento dei terreni argillosi sottoposti a sollecitazioni idriche cicliche”, realizzato da Z. Geremew, M. Audiguier e R. Cojean, pubblicato negli atti del convegno SEC 2008, Magnan, Cojean, Cui e Mestat, 2008, Edizioni LCPC, Parigi, pagg. 245-256, nel quale si evidenzia che **“i test mostrano una stabilizzazione del fenomeno di ritiro/rigonfiamento dopo quattro o cinque cicli”** (cfr. pag. 246).

Le ricerche classiche molto spesso danno dei risultati particolarmente pessimistici se rapportati allo studio dei terreni di fondazione argillosi di opere esistenti e per questo motivo sono poco utilizzabili, a meno di una significativa modifica della loro chiave di lettura.

## **Criteria di applicabilità del metodo URETEK Deep Injections®:**

La corretta valutazione delle caratteristiche di deformazione di un terreno argilloso presente al di sotto di una fondazione, passa attraverso la realizzazione di prove di ritiro e rigonfiamento in edometro a pressione costante, realizzate su campioni di terreno indisturbato (ASTM D4546-03 metodo A).

Tenendo conto che suddette prove raramente sono contenute nelle relazioni geotecniche, dati il protocollo del quale necessitano e la loro durata, si procederà con questi test solamente qualora le prove classiche (limiti di Atterberg, indice blu di metilene VBS) evidenzino una provata sensibilità dei terreni argillosi in sito.

I risultati dei test saranno destinati a valutare i rischi legati alla sensibilità dei terreni argillosi, tenendo nella dovuta considerazione:

## **■ le caratteristiche peculiari del metodo URETEK Deep Injections®:**

L'aumento della densità del terreno e la riduzione di un fattore 50 della permeabilità macroporosa della struttura dei terreni argillosi trattati con tecnologia Uretek Deep Injections®, permettono ragionevolmente di dare un minor peso al rischio calcolato ad esempio in funzione del parametro  $I_p$ .

## **■ i risultati emersi dagli studi sopra menzionati hanno dimostrato che:**

I parametri ottenuti con prove realizzate su campioni di terreno rimaneggiati non sono in linea con quelli misurati sul terreno in situ. I risultati ottenuti, molto spesso pessimistici, necessitano quindi di una chiave di lettura diversa che dia minor peso al rischio.

## **■ L'esperienza di migliaia di casi di dissesto dovuto a problemi di siccità, risolti ogni anno con successo con il metodo URETEK Deep Injections.**



Cantiere URETEK presso il Museo di Storia Naturale di Parigi.

In questo contesto i criteri considerati per l'applicazione del procedimento Uretek Deep Injections®, in presenza di terreni argillosi sensibili alla contrazione e rigonfiamento sono:

Parametri di riferimento	Applicazione del procedimento URETEK
$I_p \leq 40$ o $VBS \leq 8$	<b>Applicazione corrente</b>

**Criteri stabiliti dal Cahier des Charges approvato SOCOTEC**  
(Ricerca Tecnica n° FX2639/9 Rapporto n° 10.1829).

Inoltre, qualunque sia il valore dell' $I_p$ , in un terreno che presenta un contenuto superiore al 20% di carbonato, l'applicazione del metodo URETEK Deep Injections® è consentita.

**%  $CaCO_3 > 20$  % (Norma NF 94-048)**

Questo significa che il trattamento delle argille marnose e delle marne è possibile qualunque sia il loro indice di plasticità.

Qualora ci si trovasse al di fuori di questo range di valori, l'applicazione del metodo **sarà limitata nel momento in cui si verificassero contemporaneamente due delle seguenti condizioni:**

- Pressione di rigonfiamento esercitata dal terreno in situ superiore alla somma della pressione in fondazione più quella dovuta al carico litostatico del terreno al di sopra della quota d'iniezione ( $\sigma'_s > \sigma'_z + \Delta\sigma$ );
- Se l'entità del rigonfiamento del terreno da trattare potrebbe essere rilevante al punto tale da provocare danni alla struttura ( $S_p > 5$  %).

Le prove devono essere realizzate in edometro, a pressione costante e su campione indisturbato. (Norma NF P 94-091).



Cantiere URETEK presso Punta della Dogana a Venezia

Tabella schematica dei criteri di applicabilità del metodo Urettek Deep Injections® per problematiche riconducibili a siccità

Parametri	Parametri complementari	Applicazione del metodo URETEK
<b><math>I_p \leq 40</math></b> <b>O</b> <b><math>VBS \leq 8</math></b>	Non sono necessari parametri complementari	<b>Corrente</b>
<b><math>I_p &gt; 40</math></b> <b>E</b> <b><math>VBS &gt; 8</math></b>	<b><math>CaCO_3 \geq 20 \%</math></b> Contenuto di carbonato superiore al 20% (es. : marna e argille marnose)	<b>Corrente</b>
	<b><math>\sigma'_s &gt; \sigma'_z + \Delta\sigma</math></b> Pressione di rigonfiamento del terreno inferiore alla pressione in fondazione più quella dovuta la carico litostatico del terreno al di sopra della quota d'iniezione	<b>Corrente</b>
	Potenziale di rigonfiamento non sufficiente a causare danni alla struttura. Questo parametro è molto variabile in funzione delle strutture e quindi per semplificare si considera il potenziale di rigonfiamento <b><math>S_p &gt; 5\%</math></b>	<b>Corrente</b>
	Nessuna delle condizioni sopra riportate	Sono necessarie prove complementari

Estratto da: Cahier des Charges SOCOTEC: Rapport n° 10.1829 - Dossier n° FX2639/9







**URETEK** S.r.l.  
37021 Bosco Chiesanuova (VR)  
Via Dosso del Duca, 16  
Tel 045 6799111 - Fax 045 6799138  
[www.uretek.it](http://www.uretek.it) - [uretek@uretek.it](mailto:uretek@uretek.it)

