

Traduzione del testo del Brevetto Europeo N° **2231934**

A nome: Carlo FALUGI

Titolo: PROCEDIMENTO PER IDRATARE UN TERRENO  
COESIVO MEDIANTE ELETTROSMOSI PER IMPEDIRNE  
LA RIDUZIONE VOLUMETRICA PER DISIDRATAZIONE

#### DESCRIZIONE

La presente invenzione ha per oggetto un procedimento per idratare un terreno coesivo mediante elettrosmosi, per impedirne la riduzione volumetrica per disidratazione.

- 5 Per terreno coesivo si intende un terreno comprendente materiali di tipo colloidale (come argille, limi o sabbie argillose), per cui il terreno ha la proprietà di aderire perfettamente a se stesso.

Quando un terreno coesivo si disidrata, per cause naturali (per esempio evaporazione o aspirazione di acqua da parte di alberi) o umane, tende a subire un processo di fessurazione che ne provoca l'indebolimento.

10 Infatti, la disidratazione di un terreno coesivo provoca una diminuzione di volume con ripercussioni (anche gravi) sulle infrastrutture sia ad uso privato che industriale ed anche eventualmente su edifici di pregio storico e/o architettonico (in particolare, sono da segnalare lesioni, crepe, fessure su immobili, tubazioni, infrastrutture).

15 Si osservi che la riduzione di volume del terreno coesivo, di per se stessa, comporta un aumento della portanza di una singola porzione di terreno; tuttavia, la riduzione di volume, nel suo complesso, provoca il distacco del terreno (totale o parziale) dalla costruzione (in particolare dai muri di fondazione) costituente un carico per il terreno stesso. Tali distacchi, dovuti all'abbassamento del terreno sottostante detta costruzione per effetto della riduzione di volume dovuta alla disidratazione, provocano cedimenti strutturali e inconvenienti di vario tipo, come descritto del seguito.

25 La ragione di tale comportamento risiede nel fatto che i terreni di natura argillosa (o marnosa o limosa) possiedono una particolare e complessa

struttura cristallina che li rende singolari dal punto di vista della loro risposta al carico in relazione alla presenza di acqua.

In particolare, i minerali argillosi che presentano la variazione del loro volume in funzione dell'umidità presente sono i fillosilicati, i cui legami a  
5 loro volta sono basati sulla ripetizione bidimensionale di unità tetraedriche aventi al centro un atomo di silicio, o più unità ottaedriche aventi al centro un atomo di alluminio o simili tipo smectiti che presentano un eccesso di cariche negative che viene compensato da molecole di acqua e ioni metallici positivi.

10 Pertanto, un terreno coesivo disidratato presenta una ridotta capacità di resistere a un carico (per esempio un edificio o un rilevato di supporto di una tubazione) posto sul terreno stesso. Ciò comporta numerosi rischi e inconvenienti dovuti al cedimento del terreno sottoposto al carico.

Alla luce delle considerazioni sopra esposte, emergerebbe la necessità di  
15 idratare terreni coesivi indeboliti dalla disidratazione per renderli adatti a sopportare carichi; spesso è necessario idratare terreni coesivi disidratati sui quali sono già presenti carichi (per esempio opere edilizie con relative fondamenta, o cisterne, strutture di supporto di tubazioni o altre opere).

Al contrario, si osservi che ordinariamente per aumentare la capacità di un  
20 terreno coesivo di sopportare un carico si utilizzano procedimenti di consolidamento basati piuttosto su una disidratazione del terreno stesso, in combinazione con un'azione meccanica su di esso.

In questa luce, si osservi che i procedimenti tradizionali utilizzati al fine di  
ridurre e/o eliminare le variazioni di volume dei terreni coesivi sono in  
25 generale invasivi e costosi.

Tra questi procedimenti si può citare ad esempio la tecnica denominata "jet grouting", che prevede l'utilizzo di pali infissi o trivellati nel terreno da consolidare, nonché le iniezioni di materiale cementizio o resine per il riempimento dei vuoti creatisi nel terreno al di sotto delle fondazioni.

30 Tali interventi lasciano comunque profondi mutamenti nell'edificio o nel terreno, che possono essere addirittura di ostacolo ad interventi successivi

ed inoltre in taluni casi presentano una difficoltà di precisione, nel senso non raggiungono l'obiettivo prefissato ma vanno a comprimere zone di terreno lontane da quelle che avrebbero dovuto essere trattate.

Per quanto riguarda il consolidamento di terreni, è noto anche l'uso della elettrosmosi, ovvero dell'applicazione di un campo elettrico al terreno per spostare l'acqua da una zona a un'altra del terreno stesso.

Tuttavia, nelle tecniche note l'elettrosmosi viene utilizzata essenzialmente per disidratare i terreni da consolidare.

Per esempio, i documenti brevettuali (EP0870875, EP1108817 e US2099328) descrivono procedimenti per consolidare un terreno utilizzando l'elettrosmosi per disidratare il terreno.

Altre tecniche note per consolidare un terreno prevedono di utilizzare l'elettrosmosi per operare una cristallizzazione del terreno (secondo quanto descritto nel documento brevettuale US5347070) o una modificazione delle proprietà chimiche del terreno (secondo quanto descritto nel documento brevettuale US5616235).

Pertanto, tali soluzioni tecniche non affrontano il problema relativo alla diminuzione di umidità nei terreni coesivi dovuta principalmente ai fenomeni dell'evaporazione o dell'aspirazione, dell'abbassamento della falda, della suzione di acqua da parte della vegetazione, dell'auto drenaggio dei terreni coesivi per loro autofessurazione.

In pratica, le tecniche in uso non affrontano il problema legato all'indebolimento dei terreni coesivi dovuto a una loro disidratazione in assenza (o nell'impossibilità) di azioni meccaniche mirate al consolidamento dei terreni stessi.

In questa luce, il documento brevettuale EP1108817 della stessa richiedente descrive un procedimento di consolidamento per terreni ed edifici soggetti a drenaggio e/o ad allontanamento della falda acquifera, che prevede di utilizzare l'elettrosmosi.

Infatti, secondo gli insegnamenti di tale documento, il processo elettrosmotico veicola verso il catodo gli ioni compensando il deficit di

carica; così facendo, si mira a causare l'arresto del fenomeno della disidratazione, utilizzando il campo elettrico applicato per impedire o rallentare la migrazione dell'acqua dalle zone disidratate.

Tuttavia, anche questa soluzione tecnica non risolve in modo efficace il problema della disidratazione, in quanto non consente di aumentare in modo significativo il volume del terreno disidratato ripristinandone la compattezza. Ovvero, tale soluzione tecnica ha un'efficacia essenzialmente in funzione preventiva, cioè per evitare che un terreno coesivo si disidrati.

Invece, il presente trovato si prefigge l'obiettivo di idratare in modo efficace e selettivo una porzione di terreno già disidratata.

In questa luce, si osservi anche che, in seguito alla pioggia o all'azione umana di annaffiatura di una superficie di un terreno, uno strato superficiale del terreno stesso tende a divenire impermeabile, impedendo una successiva infiltrazione di acqua nella profondità del terreno.

Studi di Armillotta pubblicati sulla rivista "Il Geologo dell'Emilia Romagna" mostrano un metodo per idratare il suolo mediante elettrosmosi per terreni coesivi secondo il preambolo della rivendicazione 1.

#### SPIEGAZIONE DELL'INVENZIONE.

Scopo del presente trovato è quello di eliminare i suddetti inconvenienti e di rendere disponibile un procedimento per idratare un terreno coesivo mediante elettrosmosi.

Detto scopo è pienamente raggiunto dal procedimento oggetto del presente trovato, che si caratterizza per quanto contenuto nelle rivendicazioni sotto riportate.

#### BREVE DESCRIZIONE DEI DISEGNI.

Questa ed altre caratteristiche risulteranno maggiormente evidenziate dalla descrizione seguente di una preferita forma realizzativa, illustrata a puro titolo esemplificativo e non limitativo nelle unite tavole di disegno, in cui:

- la figura 1 illustra schematicamente un apparato per l'attuazione di un

procedimento secondo il presente trovato, in vista laterale sezionata;

- la figura 2 illustra l' apparato di figura 1 in pianta.

#### MIGLIOR MODO DI REALIZZARE L'INVENZIONE.

Nella figura 1, si è indicato con 1 un terreno coesivo disidratato da idratare; con 2 si è indicata una porzione 3 superficiale di detto terreno, resa impermeabile dall'infiltrazione di acqua dalla superficie (per esempio sotto forma di precipitazioni), o atta ad essere resa impermeabile dall'infiltrazione di acqua dalla superficie. Tale porzione 3 superficiale del terreno 1 costituisce uno strato di circa 20 ÷ 30 cm di spessore. Con 3 si è  
5  
10 indicata una zona di terreno sottostante al terreno 1 disidratato, ovvero una porzione di terreno non interessata dal fenomeno della disidratazione perché particolarmente profonda.

Con 4 si è indicato schematicamente una struttura (per esempio un edificio) costituente un carico per il terreno 1 sottostante.

15 Con 5 si è indicato schematicamente un bulbo delle pressioni definito a partire da una porzione terminale della struttura 4 costituente le fondamenta della struttura 4 stessa.

Il presente trovato mette a disposizione un procedimento per idratare un terreno coesivo mediante elettrosmosi e un impianto elettrosmotico  
20 costituente un apparato per attuare detto procedimento.

Tale procedimento prevede la collocazione nel terreno 1 coesivo da idratare di una pluralità di elettrodi negativi 6 e di una pluralità di elettrodi positivi 7, collegati al polo positivo e negativo di un'alimentazione 8 di tensione continua, rispettivamente.

25 Preferibilmente, ciascun elettrodo è realizzato in alluminio; in particolare, è costituito da un corpo astiforme in alluminio il quale, originalmente, contiene al proprio interno un elemento tubolare in titanio. L'inserimento del titanio ha il vantaggio di preservare l'elettrodo nel tempo, in quanto l'alluminio tende a consumarsi.

30 Si osservi che, per l'attuazione del procedimento secondo la presente invenzione, è sufficiente disporre di almeno un elettrodo positivo 7 e un

elettrodo negativo 6. Tuttavia, nel caso in cui si debba idratare il terreno 1 sottostante le fondamenta di una struttura 4, il procedimento prevede preferibilmente di disporre una pluralità di coppie di elettrodi (uno positivo e uno negativo) lungo il perimetro della struttura 4.

5 Gli elettrodi negativi 6 vengono inseriti nel terreno 1 da idratare ad una profondità maggiore di circa 30 cm, preferibilmente all'interno del bulbo delle pressioni 5 (per esempio ad una profondità preferita di 1 ÷ 2 m).

Gli elettrodi positivi 7 vengono inseriti nel terreno ad una distanza prefissata (per esempio di 3 ÷ 5 m) dai corrispondenti elettrodi negativi. Gli

10 elettrodi positivi 7 vengono inseriti preferibilmente alla stessa profondità dei corrispondenti elettrodi negativi 6.

Originalmente, è prevista una fase di perforazione del terreno per ricavare fori (ovvero pozzi) in cui vengono inseriti condotti 9 (preferibilmente piezometri, costituiti da tubi in materiale plastico) fino a una profondità

15 desiderata.

In tal modo, ciascun elettrodo viene inserito nel terreno attraverso un corrispondente condotto 9, finché non viene conficcato nel terreno sottostante l'estremità inferiore del condotto 9.

Originalmente, è prevista una fase di alimentazione di acqua a una  
20 profondità prefissata di almeno 20 cm in una porzione di terreno compresa tra i due elettrodi positivo 7 e negativo 6 di ciascuna coppia; tale alimentazione può consistere in un pompaggio di acqua, anche se tale pompaggio non è indispensabile (nel seguito i termini alimentazione e pompaggio verranno utilizzati sostanzialmente indifferentemente).

25 Originalmente, l'alimentazione di acqua avviene attraverso i condotti 9.

Si procede poi all'applicazione di una tensione continua di valore prefissato (per esempio di 10 ÷ 50 V) tra gli elettrodi positivi 7 e quelli negativi 6.

In tal modo, originalmente, si garantisce l'apporto di acqua nella zona di  
30 terreno in cui è massimo il campo elettrico applicato, minimizzando gli interventi nel terreno.

Pertanto, collegando i due insiemi di elettrodi (positivi e negativi, rispettivamente) a detta alimentazione 8, il campo elettrico così applicato produce lo spostamento di acqua verso l'insieme di elettrodi negativi 6.

Originalmente, è anche prevista una fase successiva, di applicazione agli  
5 elettrodi di una tensione maggiorata rispetto a detto valore prefissato, per esempio una tensione di  $200 \div 400$  V (e comunque di almeno 100 V).

La fase di applicazione di tensione si protrae per un tempo prefissato, necessario per operare detta idratazione (per esempio 15 gg  $\div$  2 mesi), mentre la fase successiva di applicazione di una tensione maggiorata ha  
10 una durata di circa quattro mesi.

Tale fase va applicata quando la porzione di terreno coesivo disidratata è già stata almeno parzialmente idratata; infatti, l'applicazione di un campo elettrico maggiorato nella zona reidratata comporta una sostanziale cristallizzazione del terreno, ovvero una trasformazione dell'argilla del  
15 terreno coesivo da colloidale a corpuscolare. Ciò ha il vantaggio di aumentare considerevolmente la portanza del terreno 1. Si osservi che detta trasformazione richiede la presenza di ioni; in questa luce il fatto che gli elettrodi (e in particolare l'elettrodo positivo) siano realizzati in alluminio risulta particolarmente vantaggioso.

20 Nell'esempio illustrato in figura 2, l'impianto elettrosmotico secondo il presente trovato comprende una canalina 10 disposta lungo un perimetro (o una porzione di un perimetro) che circonda l'edificio 4 (o qualsiasi altra opera costituente un carico per il terreno 1 coesivo da idratare).

All'interno della canalina 10 sono alloggiati i conduttori di connessione  
25 degli elettrodi 6 e 7 all'alimentazione 8 e una conduttura di distribuzione di acqua ai condotti 9, detta conduttura essendo operativamente connessa a una pompa, per alimentare l'acqua in pressione all'interno dei condotti 9.

Tale configurazione minimizza l'ingombro dell'impianto stesso e consente una riduzione dei costi.

30 Nell'esempio illustrato in figura 2 è presente anche un albero 11 nelle vicinanze dell'edificio 4.

Tali alberi spesso contribuiscono alla disidratazione del terreno 1, in quanto aspirano acqua attraverso le radici protese nella direzione dell'edificio 4.

Il presente trovato fornisce una soluzione anche a tale problema, in quanto prevede l'introduzione nel terreno di un ulteriore elettrodo negativo 12 dalla parte opposta dell'albero 11 rispetto all'edificio, in modo tale che l'albero si trovi tra due elettrodi, uno positivo (disposto dalla parte dell'edificio 4) e uno negativo disposto in linea con l'albero 11 e l'altro elettrodo dalla parte opposta.

In tal modo, originariamente, la regione di terreno in cui si trovano le radici dell'albero 11 è interessata da un campo elettrico che tende a spostare l'acqua presente nel terreno in allontanamento dall'edificio, ciò comportando un progressivo spostamento delle radici dell'albero in direzione opposta all'edificio (pertanto l'albero preleverà sempre meno acqua dal terreno sottostante l'edificio, andandola a cercare altrove).

In aggiunta, è anche previsto di posizionare una parete 13 di sbarramento delle radici dell'albero 11, inserita nel terreno tra l'albero 11 e la canalina 12, per ridurre ulteriormente e in modo particolarmente rapido l'effetto di suzione di acqua da parte dell'albero 11.

Secondo un altro aspetto del presente trovato, l'impianto elettrosmotico per idratare un terreno 1 coesivo disidratato comprende originariamente (per ciascun elettrodo negativo 6 e ciascun elettrodo positivo 7) un elettrodo negativo supplementare 6A e di un elettrodo positivo supplementare 7A collegati a un'alimentazione supplementare 8A di tensione continua. Detti elettrodi supplementari sono inseriti nel terreno 1, in rispettive porzioni di terreno sottostanti rispetto agli altri elettrodi. Preferibilmente, gli elettrodi supplementari sono inseriti a una profondità di circa  $2 \div 3$  m più bassa rispetto agli altri elettrodi 6 e 7 (per esempio  $4 \div 6$  m), all'interno di rispettivi condotti 9, in modo analogo a quanto descritto sopra.

Si osservi che il presente trovato prevede anche di utilizzare l'elettrodo negativo supplementare 6A in aggiunta all'elettrodo negativo 6 ma senza

l'elettrodo positivo supplementare 7A e senza necessità di alimentare acqua in corrispondenza dell'elettrodo negativo supplementare 7A.

In tal modo, si definisce un circuito elettrico supplementare e indipendente, disposto a una profondità maggiore.

- 5 Preferibilmente, l'alimentazione supplementare 8 eroga un valore di tensione inferiore rispetto all'alimentazione 8, per esempio pari a circa la metà. Ciò consente, vantaggiosamente, di compensare l'effetto della gravità nell'azione di spostamento dell'acqua.

10 Anche gli elettrodi supplementari, definenti una coppia di elettrodi supplementare, sono preferibilmente posti alla stessa profondità (per sfruttare il fatto che la mobilità dell'acqua nel terreno spinta dal campo elettrico è maggiore in direzione orizzontale che in direzione verticale).

Operativamente, il procedimento secondo il presente trovato comprendente ulteriormente le seguenti fasi:

- 15 - inserimento di un elettrodo negativo supplementare 6A e di un elettrodo positivo supplementare 7A in porzioni del terreno 1 sottostanti rispetto agli elettrodi negativo 6 e positivo 7, rispettivamente, a un livello di profondità prefissato (per esempio di circa 2÷3 metri più basso rispetto agli altri elettrodi 6 e 7, ovvero a una profondità di circa 4÷6 m) maggiore rispetto a
- 20 detti elettrodi;
- ulteriore pompaggio di acqua in una porzione di terreno compreso tra detti elettrodi supplementari, al livello di profondità degli elettrodi supplementari;
  - applicazione di una tensione prefissata tra l'elettrodo positivo
- 25 supplementare 6A e l'elettrodo negativo supplementare 7A.

Preferibilmente, detti elettrodi supplementari sono inseriti attraverso rispettivi condotti 9 alloggiati in corrispondenti fori, detto ulteriore pompaggio di acqua essendo effettuato attraverso detti condotti 9.

30 Pertanto, il procedimento secondo il presente trovato prevede originalmente di inserire nel terreno 1 l'elettrodo negativo 6 nel bulbo delle pressioni 5 e l'elettrodo negativo supplementare 6A in una zona

sottostante, a una profondità maggiore prefissata.

Per determinare tale profondità prefissata a cui inserire gli elettrodi supplementari, è prevista originalmente una fase preliminare di ispezione del terreno 1 da idratare per determinare la profondità massima della porzione di terreno disidratata. Pertanto, l'elettrodo negativo supplementare viene successivamente posizionato a una profondità leggermente inferiore alla profondità della zona idratata 3 di terreno.

Per quanto riguarda le potenze elettriche da installare e i tempi necessari per la stabilizzazione, si può fare ad esempio riferimento ad un cantiere tipo con 50 m di perimetro di fondazione e si può affermare che l'impianto elettrosmotico ha la necessità di assorbire una corrente continua dell'ordine di grandezza di qualche A ad una tensione almeno 10-15 V.

Il fabbisogno di acqua capillare attraverso i pozzi anodici (ovvero l'acqua da pompare all'interno dei condotti 9 in cui sono inseriti gli elettrodi positivi 6 ed eventualmente gli elettrodi positivi supplementari 6A) è di alcune decine di litri per ogni metro cubo di fondazione.

Nel corso del processo comunque il passaggio di corrente si riduce fortemente con legge asintotica a causa delle variazioni di conducibilità che intervengono nel terreno 1, mentre la richiesta di acqua nel sistema si riduce ancora più fortemente.

Il presente procedimento prevede operativamente le seguenti fasi:

- foratura fino ad una profondità che è al di sotto del piano inferiore della fondazione di circa doppia rispetto allo spessore del muro di fondazione (preferibilmente all'interno del bulbo delle pressioni);
- inserimento nel foro di un tubo tipo "piezometro", costituente detto condotto 9 che ospiterà l'elettrodo infisso nel terreno 1;
- riempimento del tubo suddetto con materiale permeabile;
- inserimento dell'elettrodo;
- collegamento delle due serie di elettrodi ad una più sorgenti di tensione continua;
- realizzazione di un impianto di fornitura d'acqua ai condotti 9;

- pompaggio di acqua all'interno dei condotti 9, preferibilmente di acqua aggiunta di sali quali Cloruri di Sodio (NaCl), Cloruri di Calcio ( $\text{CaCl}_2$ ), cloruri di magnesio ( $\text{MgCl}_2$ ).

La ubicazione degli elettrodi positivi 7 e negativi 6 dipende dalle specifiche  
5 condizioni di cantiere (ovvero dell'opera 4 definente il carico gravante sul terreno 1 da idratare).

Si osservi che il presente trovato ha molteplici vantaggiosi utilizzi.

Un primo impiego consiste nella idratazione dei terreni coesivi in  
prossimità e/o presenza di opere antropiche (tubazioni reti di distribuzione)  
10 che risentono delle variazioni di volume dei terreni coesivi ad esse prossimi.

Un altro impiego consiste nella idratazione di terreni coesivi influenzati dalla suzione di acqua da parte della vegetazione.

Un ulteriore impiego consiste nella idratazione di terreni coesivi suscettibili  
15 di variazione di volume a causa del fenomeno dell'evapotraspirazione.

Un altro impiego consiste nella idratazione di terreni coesivi indeboliti per consolidazione, fessurazione e/o subsidenza a causa dell'abbassamento della falda.

In tutti questi casi il procedimento e l'impianto elettrosmotico secondo il  
20 presente trovato consentono di migliorare la resistenza meccanica del terreno 1 sottoposto al carico mediante una sua idratazione.

Tale risultato viene ottenuto sfruttando la struttura intima stessa dei terreni coesivi, ovvero argillosi che può essere assimilata ad una rete di innumerevoli capillari ottenuti dalle superfici silicatiche delle lenticole di  
25 argilla. Infatti, in questo caso, benché nel complesso il terreno sia ovviamente elettricamente neutro, intimamente l'acqua interstiziale è nelle condizioni di possedere un potenziale elettrico superiore a quello della superficie delle lenticole, così che l'applicazione di un campo elettrico esterno ne induce la migrazione verso l'elettrodo negativo.

30 Al contrario, se l'acqua interstiziale avesse la possibilità di fluire e di allontanarsi, verrebbe a crearsi uno scompenso di cariche e un

conseguente campo elettrico misurabile come differenza di potenziale tra diversi punti del terreno.

Si osservi che il presente trovato risulta efficace anche qualora nel terreno circostante la zona di terreno 1 da idratare non dovesse esserci acqua a sufficienza e anche qualora detto terreno 1 comprendesse uno strato  
5 superficiale impermeabilizzato, grazie all'apporto di acqua mediante pompaggio della stessa in una regione di terreno a profondità prefissata in cui è massimo il campo elettrico applicato; ovvero l'acqua viene  
10 direttamente in prossimità degli elettrodi positivi (pozzi anodici), in modo che l'acqua migri sottoterra verso gli elettrodi negativi nel bulbo delle pressioni, nella maniera più rapida ed efficiente possibile.

Inoltre, il procedimento secondo il presente trovato consente una soluzione radicale del problema dell'indebolimento del terreno 1 per  
15 disidratazione, grazie all'impiego di due circuiti elettrici posti a profondità diverse.

Infatti, gli elettrodi 6 e 7 sono disposti sostanzialmente alla profondità del bulbo delle pressioni, per ripristinare la coesione del terreno 1  
20 rapidamente in prossimità delle fondamenta dell'opera 4 disposta sul terreno; mentre gli elettrodi supplementari 6A e 7A sono disposti alla profondità massima della zona disidratata del terreno, per evitare che si verifichino successivi cedimenti in zone più profonde.

Altri vantaggi del presente trovato sono dati dal fatto che la tecnologia elettrosmotica ha il pregio di essere economica, non invasiva, ecologica,  
25 reversibile e regolabile.

Inoltre, il procedimento secondo il presente trovato interviene sulle cause e non sugli effetti della disidratazione, per cui mantiene la sua efficacia inalterata nel tempo, non altera e per quanto possibile ripristina le condizioni originarie del terreno.

30 Si osservi che il presente trovato, riguardante un procedimento per idratare un terreno coesivo, trova applicazione anche in ambito agricolo, in

quanto consente, originalmente, di lavare le radici delle piante per ripulirle dai sali ivi depositati in seguito ad un utilizzo eccessivo di concimi.

Per quanto riguarda l'applicazione del presente trovato in ambito edilizio, si osservi che il procedimento descritto si inserisce in un contesto più  
5 ampio di un processo di edificazione e stabilizzazione degli edifici comprendente le seguenti fasi:

- costruzione di una struttura (ad esempio un edificio o qualunque altra opera) su un terreno coesivo;
- assestamento;
- 10 - disidratazione (contestuale o successiva alla fase di assestamento);
- cedimento parziale della struttura a causa del distacco di parte del terreno coesivo dalla struttura per effetto della disidratazione;
- idratazione con procedimento / apparato elettrosmotco secondo il presente trovato;
- 15 - stabilizzazione della struttura per effetto del ripristino o quantomeno del contenimento della riduzione del volume del terreno coesivo.

## RIVENDICAZIONI

1. Procedimento per idratare un terreno (1) coesivo mediante elettrosmosi, comprendente le seguenti fasi:
- predisposizione di un'alimentazione (8) di tensione elettrica continua  
5 connessa a un elettrodo positivo (7) e a un elettrodo negativo (6);
  - inserimento dell'elettrodo negativo (6) nel terreno (1) da idratare;
  - inserimento dell'elettrodo positivo (7) nel terreno (1) ad una distanza prefissata dall'elettrodo negativo (6);
  - fornitura di acqua a una profondità prefissata di almeno 20 cm in una  
10 porzione di terreno (1) compresa tra i due elettrodi;
  - applicazione di una tensione continua di valore prefissato tra l'elettrodo positivo (7) e quello negativo (6);
  - perforazione del terreno (1) per ottenere almeno un foro di prefissata profondità,
  - 15 caratterizzato dal fatto che il procedimento comprende l'ulteriore fase di:
    - alloggiamento di un condotto (9) entro il foro, la fase di inserimento dell'elettrodo positivo (7) nel terreno e la fase di fornitura di acqua essendo effettuate tramite detto condotto (9).
2. Procedimento secondo la rivendicazione 1, in cui l'elettrodo positivo (7)  
20 e l'elettrodo negativo (6) sono inseriti a una profondità di almeno 30 cm.
3. Procedimento secondo la rivendicazione 1 o la 2, comprendente ulteriormente le seguenti fasi:
- perforazione del terreno (1) per realizzare almeno un foro aggiuntivo di profondità prefissata;
  - 25 - alloggiamento di un condotto (9) all'interno di detto foro aggiuntivo, la fase di inserimento dell'elettrodo negativo (6) nel terreno essendo effettuata attraverso detto condotto (9) aggiuntivo;
  - fornitura di acqua all'interno di detto condotto (9) aggiuntivo, nel quale è inserito l'elettrodo negativo (6).
- 30 4. Procedimento secondo una qualunque delle rivendicazioni precedenti, in cui detta tensione è compresa tra i 10 e i 50 V.

5. Procedimento secondo una qualunque delle rivendicazioni precedenti, in cui la fase di inserimento dell'elettrodo negativo (6) prevede di posizionarlo in un bulbo delle pressioni (5) di un carico (4) appoggiato al terreno (1) da idratare.
- 5 6. Procedimento secondo la rivendicazione 5, comprendente l'inserimento nel terreno (1) di una pluralità di coppie di elettrodi disposte perimetralmente a una struttura (4) appoggiata al terreno (1) da idratare, ciascuna coppia essendo costituita da un elettrodo positivo (7) e uno negativo (6).
- 10 7. Procedimento secondo la rivendicazione 5 o 6, in cui la fornitura dell'acqua avviene alla profondità in cui sono inseriti gli elettrodi (6, 7).
8. Procedimento secondo una qualunque delle rivendicazioni precedenti, comprendente ulteriormente una fase di inserimento di un elettrodo negativo (6A) supplementare in una porzione di terreno (1) sottostante  
15 rispetto all'elettrodo negativo (6), a un livello di profondità prefissata maggiore rispetto a detto elettrodo.
9. Procedimento secondo una qualunque delle rivendicazioni precedenti, comprendente ulteriormente le seguenti fasi:
- inserimento di un elettrodo negativo (6A) supplementare e di un elettrodo  
20 positivo supplementare (7A) in porzioni di terreno (1) sottostanti rispetto agli elettrodi negativo (6) e positivo (7), rispettivamente, a un livello di profondità prefissata maggiore rispetto a detti elettrodi;
  - ulteriore fornitura di acqua in una porzione di terreno (1) compreso tra detti elettrodi supplementari (6A, 7A), al livello di profondità degli elettrodi  
25 supplementari;
  - applicazione di una tensione prefissata tra l'elettrodo positivo supplementare (7A) e l'elettrodo negativo supplementare (6A).
10. Procedimento secondo la rivendicazione 7, in cui detti elettrodi supplementari (6A, 7A) sono inseriti attraverso rispettivi condotti (9)  
30 alloggiati in corrispondenti fori, detta ulteriore fornitura di acqua essendo effettuata attraverso detti condotti (9).

11. Procedimento secondo la rivendicazione 7 o 8, in cui l'elettrodo negativo (6) è posizionato in un bulbo delle pressioni (5) di un carico (4) appoggiato al terreno da idratare e l'elettrodo negativo supplementare (6A) è posizionato in una porzione sottostante del terreno (1) a una profondità  
5 prefissata.
12. Procedimento secondo la rivendicazione 9, comprendente una fase preliminare di ispezione del terreno (1) da idratare per determinare la profondità massima della porzione di terreno disidratata, l'elettrodo negativo supplementare (6A) essendo successivamente posizionato a  
10 detta profondità.
13. Procedimento secondo una qualunque delle rivendicazioni da 7 a 10, in cui l'elettrodo negativo (6) è posizionato sostanzialmente alla stessa profondità dell'elettrodo positivo (7), e l'elettrodo negativo supplementare (6A) è posizionato sostanzialmente alla stessa profondità dell'elettrodo  
15 positivo supplementare (7A).
14. Procedimento secondo una qualunque delle rivendicazioni da 7 a 10, in cui la tensione applicata tra l'elettrodo positivo supplementare (7A) e l'elettrodo negativo supplementare (6A) è inferiore alla tensione applicata tra l'elettrodo positivo (7) e l'elettrodo negativo (6).
- 20 15. Procedimento secondo una qualunque delle rivendicazioni precedenti, in cui gli elettrodi comprendono elementi astiformi in alluminio contenenti al proprio interno corrispondenti elementi in titanio.
16. Procedimento secondo una qualunque delle rivendicazioni precedenti, comprendente una ulteriore fase di applicazione di una tensione  
25 maggiorata, successiva alla fase di applicazione di una tensione continua di valore prefissato tra l'elettrodo positivo (7) e quello negativo (6) avente una durata prestabilita.
17. Procedimento secondo la rivendicazione 16, in cui detta tensione maggiorata è di almeno 100 V.
- 30 18. Un apparato per attuare un procedimento secondo una qualunque delle rivendicazioni precedenti, consistente in un impianto elettrosmotico.

Per traduzione conforme

IL MANDATARIO  
Ing. Stefano GOTRA  
(Albo iscr. n. 503 BM)

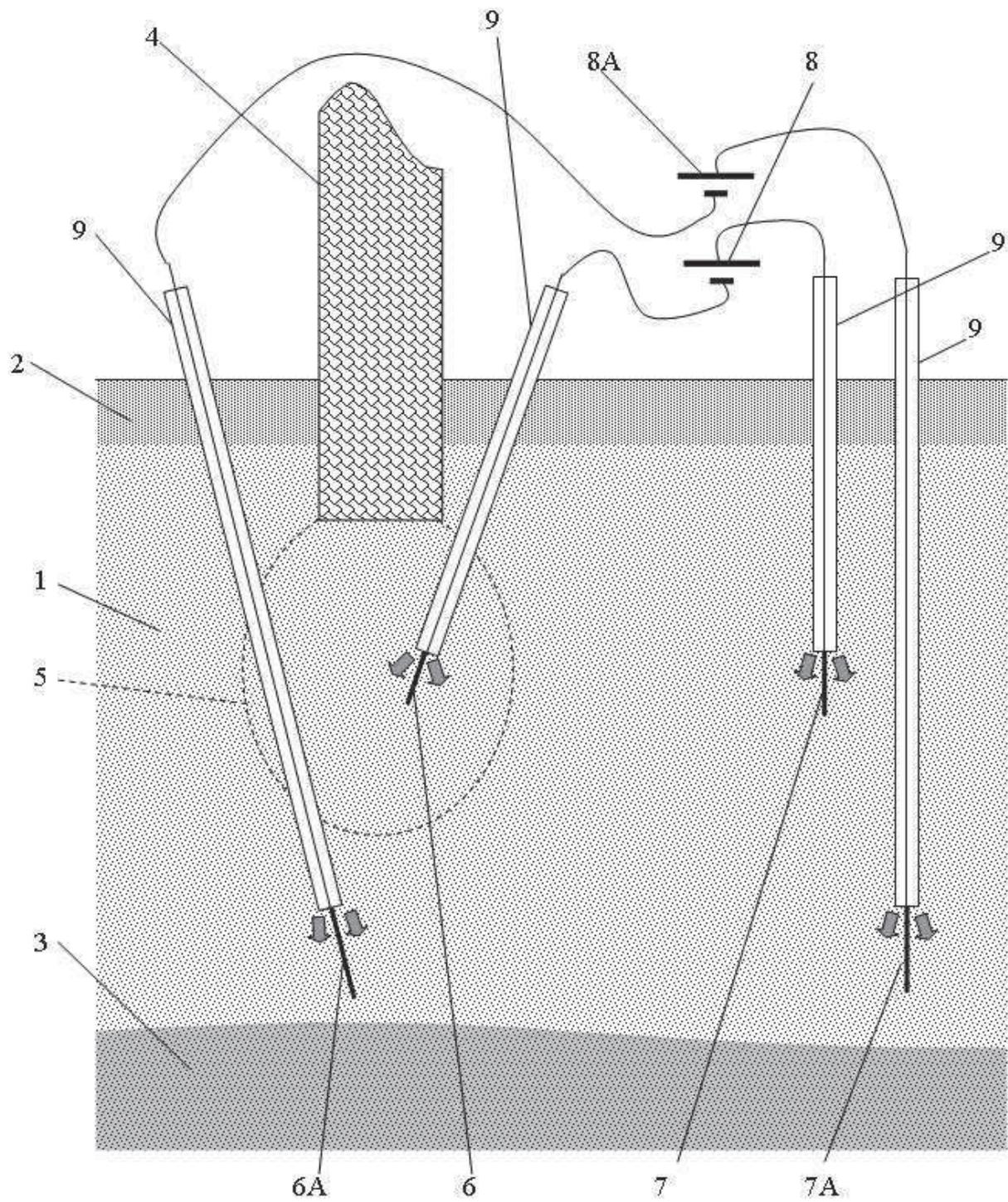


FIG. 1

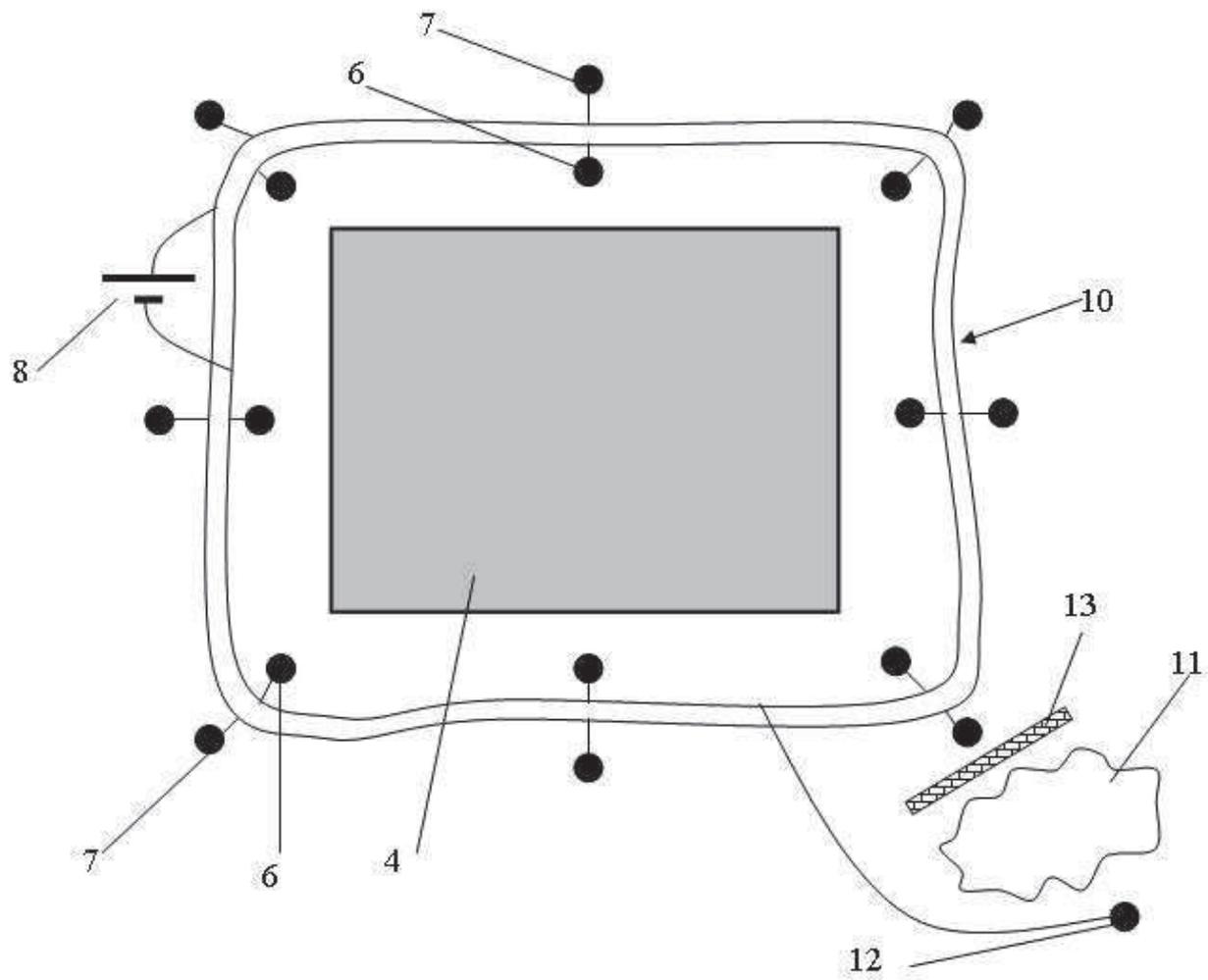


FIG. 2