

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: **87111297.5**

51 Int. Cl.4: **E02D 3/12**, **E02D 17/20**,
E02D 29/02

22 Anmeldetag: **05.08.87**

30 Priorität: **20.08.86 CH 3341/86**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
02.03.88 Patentblatt 88/09

84 Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE ES FR GB GR IT LI LU NL SE

71 Anmelder: **Claus, Hermann**
Kronenplatz 2
CH-7310 Bad Ragaz(CH)

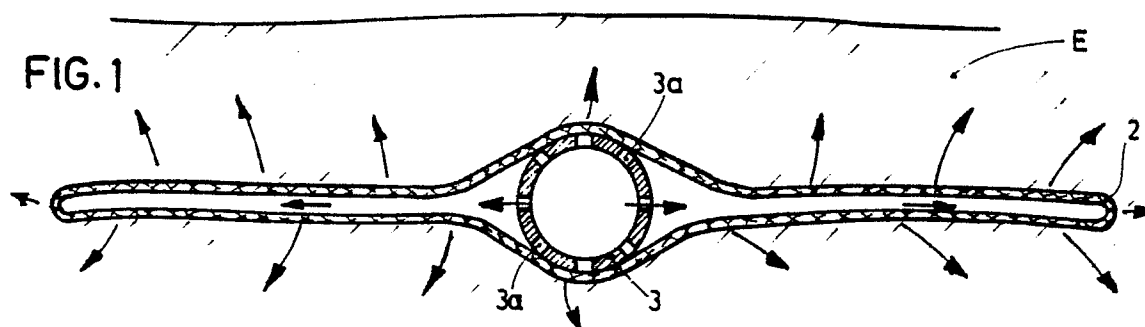
72 Erfinder: **Claus, Hermann**
Kronenplatz 2
CH-7310 Bad Ragaz(CH)

74 Vertreter: **Eschmann, Heinz et al**
A. Braun, Braun, Héritier, Eschmann AG
Patentanwälte Holbeinstrasse 36-38
CH-4051 Basel(CH)

54 **Verfahren zur Stabilisierung von Bodenmaterial.**

57 Die Stabilisierung von aufgeschüttetem Erdreich (E) erfolgt über schlauchförmige Armierungselemente (1), welche in das Erdreich verlegt werden. Eine biegsame und für eine Bindemittelsuspension durchlässige, schlauchförmige Infiltrationsarmierung (2), welche vorzugsweise aus einem Geotextil erstellt wird, umschliesst einen starren, nicht von Erddruck kollabierbaren Zufuhrschlauch (3). Durch Austrittsöffnungen (3a) dieses Zufuhrschlauches wird der Infiltrationsarmierung (2) die wässrige Bindemittelsuspension zugeführt. Letztere durchströmt die durchlässige Infiltrationsarmierung (2) und sickert in Pfeilrichtung in das umliegende Erdreich ein, wo sich das Bindemittel verfestigt. Die armierungselemente dienen somit gleichzeitig der Bindemittelverteilung und der Sicherung gegen Zugbeanspruchung.

EP 0 257 382 A2



Verfahren zur Stabilisierung von Bodenmaterial

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Stabilisierung von Bodenmaterial unter Zugabe einer wässrigen Suspension eines Bindemittels.

Durch den modernen Strassenbau sind in den letzten Jahrzehnten eine Vielzahl relativ steil abfallender Böschungen entstanden, deren Stabilisierung seit mehreren Jahren schwerwiegende Probleme aufwirft. Durch das Zusammenwirken unterschiedlicher, vielfach noch unbekannter Faktoren, zu denen nach Ansicht der Fachwelt auch die Auswaschung der bindenden, kalkhaltigen Anteile des Bodens zählt, kommt, es zu Rutschungen und Sackungen, die sich mit den zur Zeit bekannten Verfahren und Mitteln nur unter erheblichem Aufwand an Zeit und Material wieder auffüllen, stabilisieren und konsolidieren lassen. Die Untersuchung einer möglichen Ursache des Stabilitätsverlustes solcher Hänge und Böschungen findet sich beispielsweise in einem Aufsatz von Dr.-Ing. Lutz Wichter unter dem Titel "Verwitterungsstabilität von Böschungen in Sedimentgesteinen", welcher in der Nr. 4/82 der Zeitschrift TIS erschien.

Probleme der Bodenstabilisierung stellen sich aber nicht nur an Hanglagen, sondern überall dort, wo das Erdreich durch Umwelteinflüsse, insbesondere durch Auswaschung der bindenden Bodenanteile, an Festigkeit verliert und grösseren Belastungen ausgesetzt werden muss, wie dies beispielsweise auf Fahrwegen, Parkplätzen usw. der Fall ist.

Dabei hat sich in den vergangenen Jahren gezeigt, dass die bisher grosszügig gehandhabte Verwendung der hochwertigen Baumaterialien - insbesondere Sand und Kies - zweifellos nicht mehr im gleichen Umfange fortgesetzt werden darf. Einerseits sind diese hochwertigen Materialien für viele Anwendungsfälle der Bodenstabilisierung zu kostspielig; andererseits zeigt sich aber immer mehr, dass der gross angelegte Abbau der Sand- und Kiesvorkommen zu einer bedenklichen Absenkung des Grundwasserspiegels führt.

Die DE PS 3 127 350 beschreibt ein Verfahren zur Bodenverfestigung, gemäss welchem das zu stabilisierende Erdreich zunächst ausgehoben, dann mit einem Stabilisierungsmittel besprüht, anschliessend durchmischt und schliesslich wieder in den entstandenen Graben eingefüllt wird. Dieses Verfahren lässt sich zwar zur Bodenstabilisierung im ebenen Gelände einsetzen, konnte sich aber aufgrund der ihm anhaftenden Nachteile nicht durchsetzen. Einerseits ist der gesamte Vorgang recht kostspielig, da pro Kubikmeter Erdreich mit einer Zugabe von 100 bis 130 kg Zement gerech-

net werden muss und ferner das auf die beschriebene Weise behandelte Material eine sehr geringe Zugfestigkeit aufweist, was aber gerade an Hanglagen von besonderer Bedeutung ist.

Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Stabilisierung von Bodenmaterial vorzuschlagen, das die Verwendung des an Ort und Stelle vorhandenen Erdreichs gestattet, ferner dem behandelten Erdreich eine ausreichende Zugfestigkeit verleiht und ausserdem mit einer relativ geringen Menge an Bindemittel, insbesondere Zement, auskommt und sich somit durch bescheidene Gestehungskosten auszeichnet.

Dieses Verfahren ist im unabhängigen Patentanspruch 1 definiert. Das zur Durchführung des Verfahrens dienende Armierungselement ist im Anspruch 4 definiert. Bevorzugte Ausführungsformen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Für die Herstellung der Armierungselemente wird vorzugsweise ein Geotextil verwendet, das sich als Armierungsmaterial für die Bodenstabilisierung sehr bewährt hat. Beschreibungen von Geotextilien finden sich in der SN-Norm 640 550 "Geotextilien, Begriffe und Produktbeschreibungen" sowie in "Geotextilhandbuch des schweizerischen Verbandes der Geotextilfachleute", Verlag Vogt und Schild, Solothurn.

Nachstehend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung beschrieben.

Fig. 1 ist eine vereinfachte Schnittdarstellung eines im Boden verlegten Armierungselementes,

Fig. 2 zeigt einen mit Armierungselementen belegten Hang vor dem Auffüllen des abgerutschten Erdreichs,

Fig. 3 bis 5 zeigen weitere Ausführungsformen von Armierungselementen im Schnitt,

Fig. 6 veranschaulicht, ebenfalls im Schnitt, die Anordnung von Armierungselementen zwecks Stabilisierung tieferer Bodenschichten,

Fig. 7 veranschaulicht an Hand einer Schnittdarstellung die Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens bei der Stabilisierung von Wald- und Feldwegen,

Fig. 8 ist ein Vertikalschnitt durch einen gemäss dem erfindungsgemässen Verfahren erstellten Damm,

Fig. 9 ist eine Schnittdarstellung gemäss der Linie IX-IX in Fig. 8,

Fig. 10 und 11 veranschaulichen die Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens bei der Verankerung von Stützmauern,

Fig. 12 ist eine Draufsicht auf die in Fig. 11 im Schnitt gezeigte Anordnung,

Fig. 13 zeigt eine weitere Variante der Armierungselemente,

Fig. 14 zeigt die vorbereitete Hangfläche vor der Verlegung der Armierungsschläuche,

Fig. 15 ist eine Draufsicht auf eine nach einem Erdrutsch verbliebene Hangfläche nach dem Verlegen von Armierungsschläuchen, und

Fig. 16 ist eine Schnittdarstellung des erfindungsgemäss sanierten Hangabschnitts.

Fig. 1 zeigt im vereinfachten Schnitt ein im Erdreich E verlegtes Armierungselement 1. Letzteres weist einen biegsamen Armierungsschlauch 2 aus einem unverrottbaren, alkaliresistenten und reissfesten Material, vorzugsweise aus einem Geotextil auf, dessen Maschenweite so gewählt ist, dass es das Grösstkorn des in der wässrigen Bindemittelsuspension enthaltenen Bindemittels noch durchlässt. Innerhalb des Armierungsschlauches 2 ist ein Zufuhrschlauch 3 angeordnet, welcher aus einem relative steifen Material besteht, demgemäss nicht kollabierbar ist und somit durch das auf ihm lastende Erdreich nicht zusammengedrückt werden kann. Der mit Austrittsöffnungen 3a versehene Zufuhrschlauch 3 dient der Zufuhr der wässrigen Bindemittelsuspension und kann an seinem freien End, das vorzugsweise aus dem Armierungsschlauch 2 herausragt, mit der wässrigen Bindemittelsuspension beschickt werden. Der diesem freien Ende gegenüberliegende Endabschnitt des Zufuhrschlauches ist im allgemeinen dicht verschlossen, so dass die wässrige Bindemittelsuspension lediglich durch die Austrittsöffnungen 3a, das heisst innerhalb des Armierungsschlauches 2 austreten kann.

Bei der Stabilisierung von geschüttetem Erdreich werden zunächst eine Reihe von Armierungselementen 1 in gegenseitigen Abständen auf den nach der Rutschung oder dem Aushub verbliebenen Boden ausgelegt (Fig. 2) und anschliessend mit dem vorhandenen Erdreich Ea abgedeckt, so dass die Armierungselemente 1 allseitig vom Erdreich umgeben sind. Nun werden die Armierungsschläuche 2 über die Zufuhrschläuche 3 mit der wässrigen Bindemittelsuspension beschickt, welche z.B. Kalk, Zement, Silikat, Mörtel, Beton Kunstharze usw. enthalten kann und je nach den vorliegenden Verhältnissen (Bodenneigung, Festigkeit des Erdreichs usw.) drucklos oder unter geringem Druck zugeführt wird. Wie in Fig. 1 durch Pfeile angedeutet ist, strömt die Suspension vom Zufuhrschlauch 3 beidseitig in den Armierungsschlauch 2 und durch diesen hindurch in das umgebende Erdreich E. Nach dem Verfestigen bzw. Abbinden oder Aushärten des Bindemittels ist die gesamte Umgebung des Armierungsschlauches 2 verfestigt,

da die Suspension alle Zwischenräume des Erdreiches auffüllt, wobei selbstverständlich auch der Armierungsschlauch 2 in das stabilisierte Erdreich fest eingebettet ist.

Der Armierungsschlauch 2 erfüllt hierbei eine Doppelfunktion: Einerseits dient er als Infiltrationselement, das die allseitige Verteilung der Bindemittelsuspension gewährleistet; andererseits verleiht er dem Erdreich eine erhöhte Beanspruchbarkeit auf Zug, was gerade bei Hangstabilisierungen, Mauerankerungen usw. von grosser Bedeutung ist.

Während somit der Armierungsschlauch 2 die auftretenden Zugkräfte aufnimmt, wird durch die beschriebene Bindemittelinjektion das Bodenmaterial verklebt und damit verfestigt bzw. so stabilisiert, dass es auch grössere Druckbelastungen aufnehmen kann.

Fig. 2 zeigt die Armierungselemente 1 nach deren Verlegung und vor dem Auffüllen des abgerutschten bzw. abgetragenen Erdreichs Ea. Da das vorhandene Erdreich Ea wiederverwendet wird, entfällt einerseits dessen Abtransport und andererseits die Heranschaffung des bisher erforderlichen Materials (Sand Kies usw.). Nachdem die Armierungselemente durch das Erdreich Ea abgedeckt sind, wird die Bindemittelsuspension von einem Zisternenwagen L aus über einen Schlauch S in die freien Oeffnungen 3B der Zufuhrschläuche 3 eingeleitet, bis dieselbe das Erdreich ausreichend durchdrungen hat.

Das beschriebene Verfahren bietet auch die Möglichkeit, nur bestimmte Zonen einer Hanglage zu verfestigen, indem der Zufuhrschlauch nur auf den diesen Zonen entsprechenden Teillängen mit Austrittsöffnungen versehen wird.

Gemäss dem beschriebenen Verfahren wird somit zum ersten Male ein Armierungselement in der Bodenstabilisierung nicht nur zur Verbesserung der Zugbeanspruchung eingesetzt, sondern gleichzeitig zum Transport und zur Infiltration der Bindemittelsuspension benutzt. Diese beiden Funktionen kann auch die Variante gemäss Fig. 3 übernehmen, bei welcher nur ein Armierungsschlauch 3 vorgesehen ist, in dessen Mittelbereich ein Distanzhalter 4 angeordnet ist. Dieser Distanzhalter 4 kann beispielsweise ein starres, das heisst nicht vom Erddruck zusammendrückbares Kunststoffprofil sein, das seitliche Durchbrechungen zum Durchlass der Bindemittelsuspension besitzt.

Der Grundgedanke der vorliegenden Erfindung kann vom Fachmann in mannigfaltiger Weise variiert werden. So ist gemäss Fig. 4 der Mittelbereich 2a des Armierungsschlauches 2 verstärkt und starr ausgebildet, während innerhalb des Schlauches kleinere Distanzhalter 5 an der Schlauchinnenwand angeformt sind, die wiederum Durchbrechungen für die Bindemittelsuspension aufweisen.

Auch muss die Infiltrationsarmierung nicht unbedingt in Schlauchform ausgebildet sein. Gemäss Fig. 5 sind zwei Bahnen 6, 7 eines relative dicken (beispielsweise 5 bis 15 mm) Geotextils aufeinandergelegt, zwischen welchen sich wiederum ein mit seitlichen Austrittsöffnungen versehener Zufuhrschlauch 3 befindet. Auch diese Sandwich-Form erfüllt den angestrebten Zweck: Die im Zufuhrschlauch 3 zuströmende Bindemittelsuspension verteilt sich in Pfeilrichtung und bildet unter Einbezug des umgebenden Bodenmaterials eine stabilisierte Bodenzone, die Druck- und Zugkräfte aufnehmen kann.

Bei allen bisher beschriebenen Ausführungsformen ist es im übrigen möglich, die Zugbeanspruchbarkeit der Infiltrationsarmierung dadurch zu erhöhen, dass mit derselben ein Drahtseil oder sonstiges, auf Zug beanspruchbares Element verlegt wird.

Bei der Stabilisierung tieferer Bodenschichten werden vorzugsweise, wie Fig. 6 zeigt, mehrere Armierungselemente 1 in verschiedenen Ebenen versetzt angeordnet.

Fig. 7 veranschaulicht die Sanierung der ausgewaschenen und ausgefahrenen Spurrinnen von Wald- und Feld wegen. Gemäss einer Ausführungsform des erfindungsgemässen Verfahrens werden die Spurrinnen F1 und F2 zunächst bis zur Tiefe T ausgefräst, worauf die Armierungselemente 1 eingelegt und mit dem abgefrästen Bodenmaterial abgedeckt werden. Nun wird die Bindemittelsuspension injiziert, die sich in Pfeilrichtung ausbreitet und die stabilisierten Spurrinnen bildet, während der Pflanzenwuchs auf den übrigen Wegeteilen ungestört bleibt.

Beim Neubau von Dämmen und Deichen, wie sie z.B. im Küsten- und Uferschutz durch Schüttung erstellt werden, kann gemäss Fig. 8 und 9 vorgegangen werden. Die Armierungselemente 1 werden in verschiedenen Ebenen versetzt beim Aufschütten des Erdreichs ausgerollt und nach Fertigstellung des Dammes mit der Bindemittelsuspension beschickt, die über eine Leitung S (vgl. Fig. 2) geliefert wird. Es versteht sich, dass die Armierungselemente bei allen beschriebenen Ausführungsformen auch beispielsweise in U-Form, in Spiralförmigkeit oder in jeder beliebigen anderen Form verlegt werden können.

Bei auf diese Weise stabilisierten Deichen oder Uferwänden ist das gefürchtete Auswaschen der Feinteile des Schüttmaterials ausgeschlossen, da diese durch die Bindemittelverklebung gebunden sind.

Zwecks Verankerung einer Stützmauer M können gemäss Fig. 10 beispielsweise Armierungselemente nach Fig. 1 verwendet werden, deren Zufuhrschläuche 3 durch die Mauer M hindurchgeführt sein können, damit dieselben von ausser-

halb der Mauer beschickbar sind. Bei Erstellung dieser Stabilisierung wird jeweils nach dem Ausrollen der Armierungselemente und deren Verankerung an der Mauer M eine weitere Bodenlage aufgeschüttet. Zur Verbesserung der Zugbeanspruchung können mit dem Armierungselementen auch Stahleinlagen, z.B. Stahlseile oder Bänder, mitverlegt werden. Grundsätzlich wäre es je nach den Verhältnissen auch zweckmässig, die Armierungselemente nur an der Innenwand der Mauer M anzuhängen und die Zufuhrschläuche 3 vom anderen Ende her mit Suspension zu beschicken.

Bei der Ausführungsform nach Fig. 11 und 12 wurde eine Mauer M dadurch sicher verankert, dass zunächst mehrere gegen die Mauer mündende Gräben bis zur Tiefe T ausgefräst wurden, in welchen die Armierungselemente 1 dann ausgerollt, mit Erdreich überdeckt und dann wie bei der Variante nach Fig. 10 von ausserhalb der Mauer oder auch vom anderen Ende der Zufuhrschläuche 3 her mit der Bindemittelsuspension beschickt wurden. Im Vergleich zu den üblichen Verankerungsverfahren entfällt hier ausserdem das Bohren und Erstellen der Erdanker.

Die Infiltrationsarmierungen liessen sich auch in Form von Kissen 9 (Fig. 13) ausbilden, die beispielsweise aus zwei übereinanderliegenden und aneinandergehefteten Geotextilmatten bestehen können. Die Zufuhrschläuche 9 liegen mit ihren Endabschnitten zwischen den beiden Geotextilmatten und sind vorzugsweise nur im Bereich der Geotextilkissen 8 mit Austrittsöffnungen versehen. Die Form der Zufuhrschläuche 9 kann im Kissenbereich, beispielsweise wie an der Stelle 9a gezeigt, den Erfordernissen angepasst werden, so dass sich eine mehr oder weniger starke Infiltration ergibt.

Eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemässen Verfahrens zeigen die Fig. 14 bis 16. Gemäss Fig. 14 wird die nach einem Erdbeben verbliebene Hangfläche H₁ mittels eines Baggers so abgearbeitet, dass eine wellen- oder stufenförmige Fläche H₂ entsteht. Sollte die Hangfläche H₁ von Anfang an wellenförmig sein oder eine Vielzahl von Vertiefungen aufweisen, so kann dieser erste Bearbeitungsschritt nach Fig. 14 entfallen.

Auf die wellenförmige bzw. unebene Hangfläche H₂ wird nun zunächst eine erste Geotextilbahn G₁ mit einer Maschenweite von beispielsweise 0,5 bis 2,0 mm gelegt, welche beispielsweise eine Breite von 2 m und eine Maschenweite von 1,5 mm aufweisen kann. Aus nachstehend noch zu erläuternden Gründen erfolgt diese Verlegung unter einem Winkel α zur Falllinie FL. Nun wird auf die erste Geotextilbahn G₁ ein mit Austrittsöffnungen versehener Schlauch 10 mäanderförmig verlegt, mittels Stahlnägeln 11 fixiert und mit einer zweiten

Geotextilbahn G_2 überdeckt, worauf das Ganze mit dem vorhandenen, abgerutschten Erdreich E abgedeckt wird. Nun wird die wässrige Suspension von oben eingeleitet und dringt durch die Öffnungen des Schlauches 10 und die Maschen der Geotextilbahnen G_1 und G_2 ins umgebende Erdreich.

Durch die mäanderförmige Verlegung der Schläuche 10 wird der erwünschte Effekt erzielt, dass die wässrige Suspension, sobald deren Nachschub von oben ausbleibt, in den jeweils nach unten ausholenden Abschnitten a (Fig. 15) stehenbleibt und dadurch Zeit hat, nach und nach seitlich auszutreten und das umgebende Erdreich zu infiltrieren. Dieser Effekt wird verstärkt durch die stufenartige Vorbereitung der Hangfläche nach Fig. 14.

Wie ferner Fig. 15 zeigt, liegt jeweils zwischen zwei Sanierungsbahnen ein unbehandelter Erdstreifen E_u , welcher freigelassen werden muss, um den natürlichen Wasserhaushalt nicht zu stören. Dank der schrägen, zur Falllinie FL unter einem Winkel α verlaufenden Verlegung der Sanierungsbahnen bzw. Armierungsschläuche 10 können diese unbehandelten Erdstreifen E_u breit gehalten werden, ohne dass ein Risiko des Abrutschens bestünde. Durch Pfeile ist in Fig. 15 angedeutet, wie sich das unbehandelte Erdreich auf die sanierten Abschnitte abstützt und von diesen gehalten wird.

Ein weiterer, wertvoller Effekt ergibt sich, wenn durch die Armierungsschläuche 10 (Fig. 16) so viel wässrige Suspension pro Zeiteinheit gepumpt wird, dass diese nicht genügend Zeit hat, durch die Geotextilbahnen G_1 und G_2 ins angrenzende Erdreich E auszutreten. Durch den zwischen Armierungsschlauch 10 und oberer Geotextilbahn G_2 sich aufbauenden Staudruck wird die Geotextilbahn G_2 mit dem auf derselben lastenden Erdreich angehoben, wie dies in Fig. 16 punktiert angedeutet ist (G_2^1). Sobald die Förderpumpe abgestellt wurde, baut sich dieser Staudruck langsam wieder ab, wobei das Erdreich nach und nach absinkt und sich dabei mit der wässrigen Suspension durchtränkt.

Bei Durchführung dieses Verfahrens können die Maschenweite der Geotextilbahnen G_1 und G_2 , die Austrittsöffnungen 3a (Fig. 5) des Schlauches und die Förderleistung der Pumpe so aufeinander abgestimmt sein, dass sich der erwünschte Staudruck ergibt.

Dank dem beschriebenen Verfahren lässt sich mit geringem Aufwand an Arbeitszeit und Material das vorhandene, minderwertige Erdreich an Ort und Stelle gleichzeitig zwecks Aufnahme der Zugkräfte armieren und im Hinblick auf die Aufnahme von Druckkräften durch Bindemittelinfiltration verfestigen. Da die Armierungselemente die Bindemittelzufuhr und dessen Verteilung übernehmen, erübrigt sich das übliche Durchmischen und Ver-

ichten des Materials, das im übrigen nur bei spezieller Erdreichzusammensetzung möglich ist und auch nur unter bestimmten Feuchtigkeitsbedingungen durchgeführt werden könnte.

Die Geotextilien haben sich für den Einsatz als Armierungselemente als besonders zweckmässig erwiesen, könnten aber auch durch andere alkaliresistente und reissfeste Materialien ersetzt werden.

Das beschriebene Verfahren kann selbstverständlich mit bekannten Methoden kombiniert werden. So kann es zweckmässig sein, die gemäss Fig. 2 am Hang ausgerollten Armierungselemente an ihren oberen Enden an einer Injektionsvernagelung anzuheften, wodurch tieferliegende Gleitkreise mit abgesichert werden können.

Die wässrige Suspension kann z.B. auch in mehreren aufeinanderfolgender Phasen, gegebenenfalls unter Einschaltung von Wartezeiten, eingefüllt werden. Beispielsweise wäre es auch möglich, zunächst Silikatgel pH 12 bis 13 zuzugeben und anschliessend den Boden mit Zementmilch W/Z 0,8 bis 1,0 zu infiltrieren.

Die entscheidenden, durch die vorliegende Erfindung realisierten Vorteile liegen in

a) der Wiederverwendbarkeit des abgerutschten Erdmaterials,

b) der Ueberführung von Bodenzonen in den alkalischen Bereich,

c) der Bodenstabilisierung durch den Einbau einer Armierung, welche Zugkräfte aufnehmen kann und

d) der Verbesserung der gestörten Bodenstruktur durch Bindemittel.

Ansprüche

1. Verfahren zur Stabilisierung von Schüttmaterial unter Beigabe einer wässrigen Suspension eines Bindemittels, dadurch gekennzeichnet, dass auf dem nach Rutschung oder Aushub verbliebenen Boden eine Reihe von Armierungselemente ausgelegt wird, welche aus einem biegsamen, alkaliresistenten und reissfesten Material bestehen, einen zur Einleitung einer wässrigen Suspension dienenden Kanal umschliessen und mindestens teilweise mit Öffnungen versehen sind, die grösser als das Grösstkorn des suspendierten Bindemittels sind, dass ferner die ausgelegten Armierungselemente mit dem abgerutschten bzw. ausgehobenen Bodenmaterial abgedeckt werden, so dass sie allseitig bis auf einen offenen Endabschnitt vom Bodenmaterial umschlossen sind und dass durch die offenen Endabschnitte der Armierungselemente die wässrige Suspension eingeleitet wird, so dass dieselbe durch die Öffnungen der Armierungselemente in das dieselben umgebende Erdreich austritt und sich dort verfestigt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Armierungselemente langgestreckte schlauchförmige Bahnen sind, welche in unterschiedlichen Tiefen des zu stabilisierenden Bodenmaterials gegeneinander versetzt verlegt werden.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass auf die nach Rutschung oder Aushub verbliebene Bodenfläche, gegebenenfalls nach stu fenförmiger Abarbeitung, eine erste Geotextilbahn mit einer Maschenweite zwischen 0,5 und 2,0 mm aufgelegt, auf diese erste Geotextilbahn ein als Armierungselement dienender, mit Austrittslöchern versehener Schlauch mäanderförmig aufgelegt und dieser mit einer zweiten Geotextilbahn abgedeckt wird, worauf das Ganze mit dem abgerutschten oder ausgehobenen Erdreich überdeckt und anschliessend die wässrige Suspension von oben in den Schlauch eingeleitet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass in einer ersten Phase als wässrige Suspension ein Silikatgel und in einer zweiten Phase Zementmilch in den Schlauch eingeleitet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Maschenweite der beiden Geotextilbahnen, die Austrittsöffnungen des Schlauches und die Förderleistung einer den Schlauch mit der wässrigen Suspension beschickenden Pumpe so aufeinander abgestimmt sind, dass aus den Austrittsöffnungen des Schlauches mehr Suspension austritt, als gleichzeitig durch die Maschen der Geotextilbahnen ins umgebende Erdreich gelangen kann, derart, dass sich anfänglich, d.h. kurz nach Beginn der Einleitung der wässrigen Suspension unterhalb der oberen Geotextilbahn ein Druck aufbaut, der die obere Geotextilbahn mit dem an dieselbe angrenzenden Erdreich etwas anhebt, worauf nach Beendigung der Einleitung der wässrigen Suspension das Erdreich die obere Geotextilbahn wieder nach unten drückt und dabei nach und nach mit der wässrigen Suspension durchtränkt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die -schlauchförmigen Armierungselemente mittels Stahlnägeln im darunterliegenden Erdreich verankert werden, um damit gleichzeitig die Bildung einer tieferliegenden Gleitfuge zu verhindern.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Armierungselemente im Winkel zur Falllinie des Hanges verlegt werden, um damit die unbehandelten, zwischen den Armierungselementen liegenden Erdstreifen am Abrutschen zu hindern.

8. Verfahren nach Anspruch 1, zur Stabilisierung des Bodenmaterials im Bereich einer Stützmauer, dadurch gekennzeichnet, dass in dem an die Stützmauer angrenzenden Bodenmaterial ein oder mehrere Gräben ausgehoben werden und in diese Gräben Armierungselemente so verlegt werden, dass deren mauerseitige Endabschnitte in der Stützmauer verankert sind, worauf die Armierungselemente mit Erdreich abgedeckt werden und über die offenen Endabschnitte die wässrige Suspension des Bindemittels eingeleitet wird.

9. Armierungselement zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 8, gekennzeichnet durch eine langgestreckte Infiltrationsarmierung (2) aus alkaliresistentem Material mit einer Vielzahl von Austrittslöchern, deren lichte Weite grösser als das Grösstkorn des suspendierten Bindemittels ist, wobei die genannte Infiltrationsarmierung (2) selbst zu einem Schlauch geformt und/oder mit einem separaten, nicht kollabierbaren Schlauch (3) für die Zufuhr der genannten Suspension versehen ist.

10. Armierungselement nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Infiltrationsarmierung (2) aus einem Geotextil gefertigt ist.

11. Armierungselement nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass innerhalb der -schlauchförmigen Infiltrationsarmierung (2) ein mit Auslauföffnungen versehener Zufuhrschlauch (3) für die wässrige Bindemittelsuspension angeordnet ist (Fig. 1).

12. Armierungselement nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass innerhalb der -schlauchförmigen Infiltrationsarmierung (2) ein Spreizelement (4) angeordnet ist, das einen Teilquerschnitt der schlauchförmigen Infiltrationsarmierung zwecks direkter Zufuhr der wässrigen Bindemittelsuspension freihält (Fig. 3).

13. Armierungselement nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass ein Teilbereich (2a) der schlauchförmigen Infiltrationsarmierung (2) verstärkt ausgebildet ist, derart, dass er sich unter dem Druck des auf ihm lastenden Erdreichs nicht zusammenpressen lässt (Fig. 4).

14. Armierungselement nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Infiltrationsarmierung zwei übereinanderliegende, langgestreckte Bahnen (6, 7) eines Geotextils aufweist, zwischen welchen ein nicht kollabierbarer Zufuhrschlauch (3) für die wässrige Bindemittelsuspension liegt (Fig. 5).

15. Armierungselement nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Infiltrationsarmierung kissenförmig (8) ausgebildet und mit einem nicht kollabierbaren Zufuhrschlauch (9) versehen ist, der mindestens im Bereich der kis-

senförmigen Infiltrationsarmierung (8) mit Austrittsöffnungen für die wässrige Bindemittelsuspension versehen ist (Fig. 13).

5

10

15

20

25

30

35

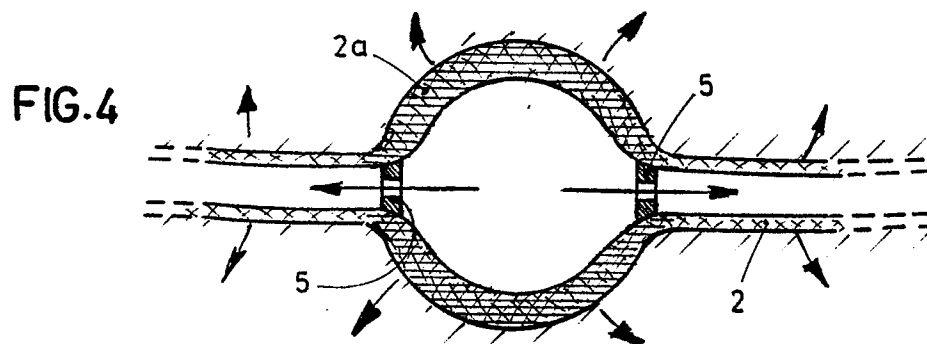
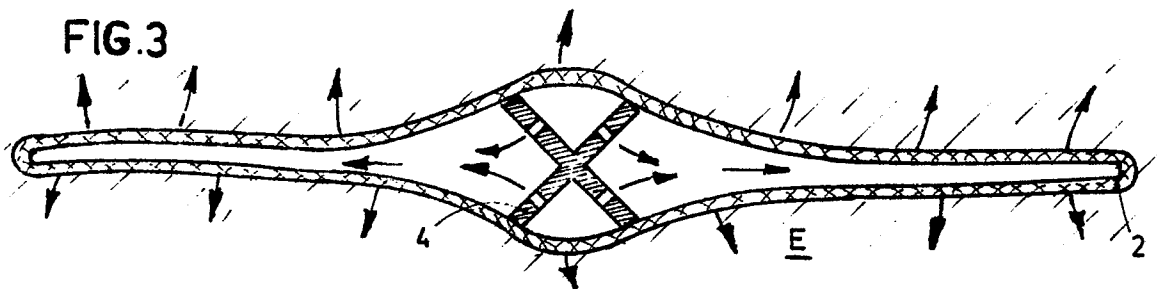
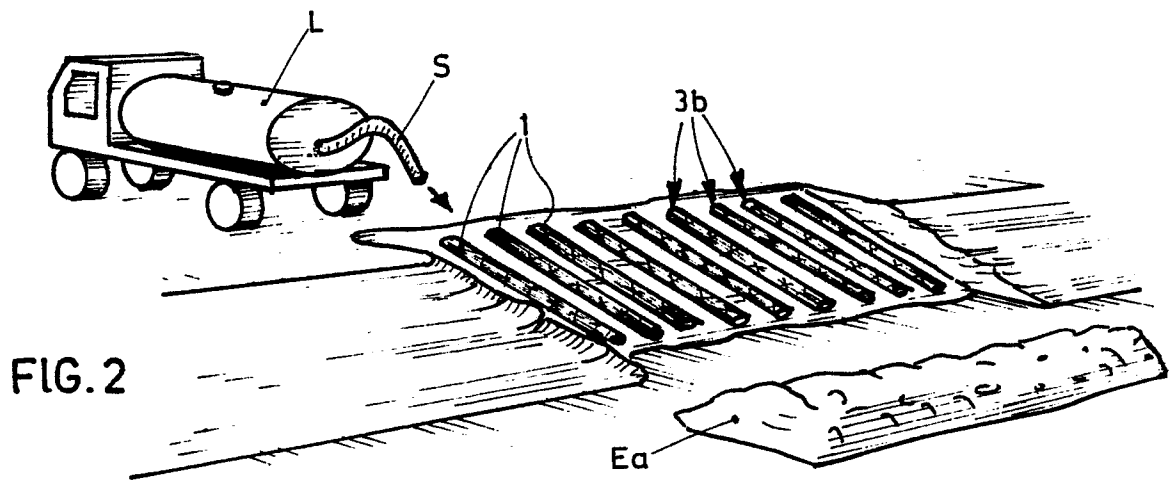
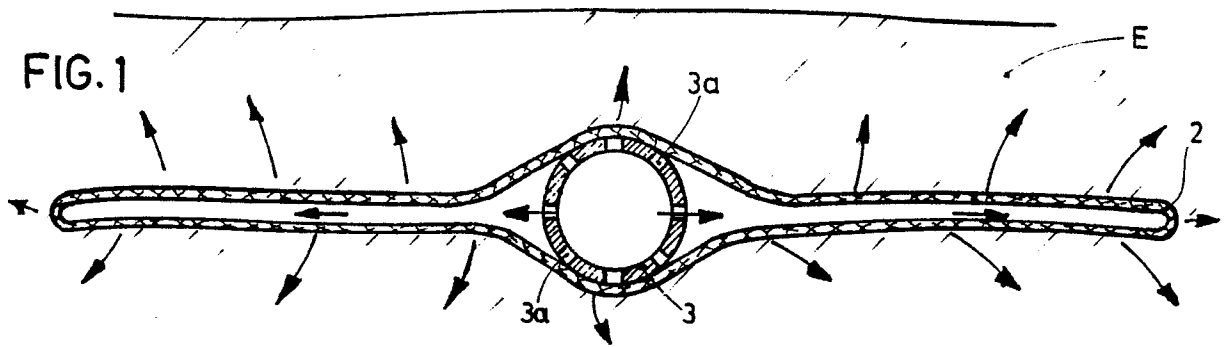
40

45

50

55

7



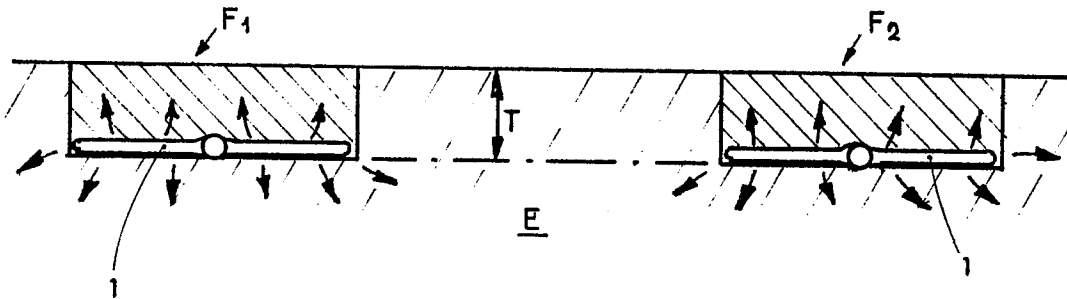
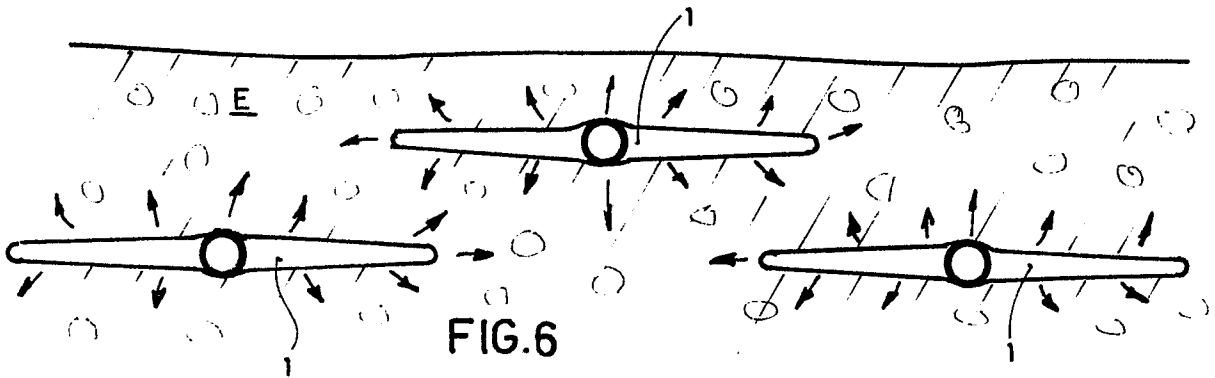
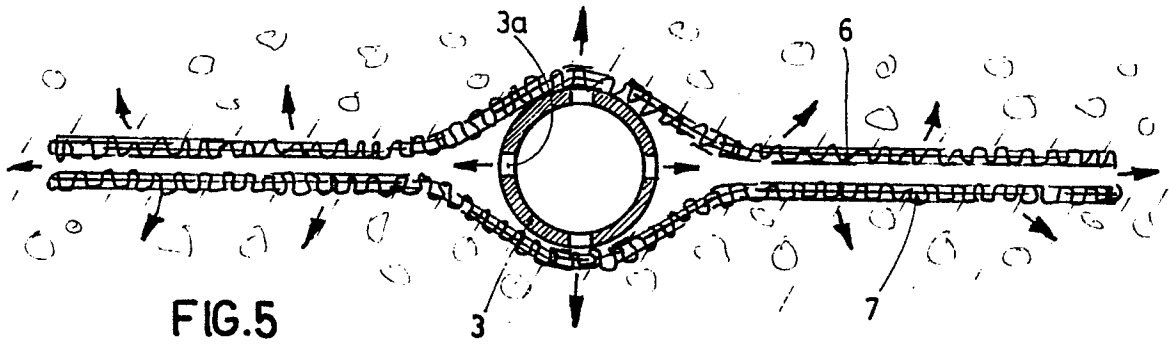


FIG. 7

FIG.8

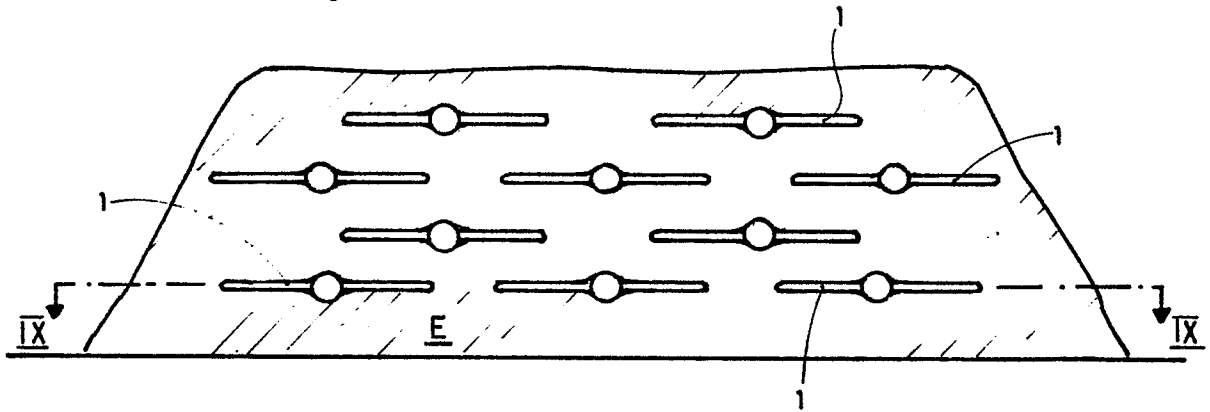
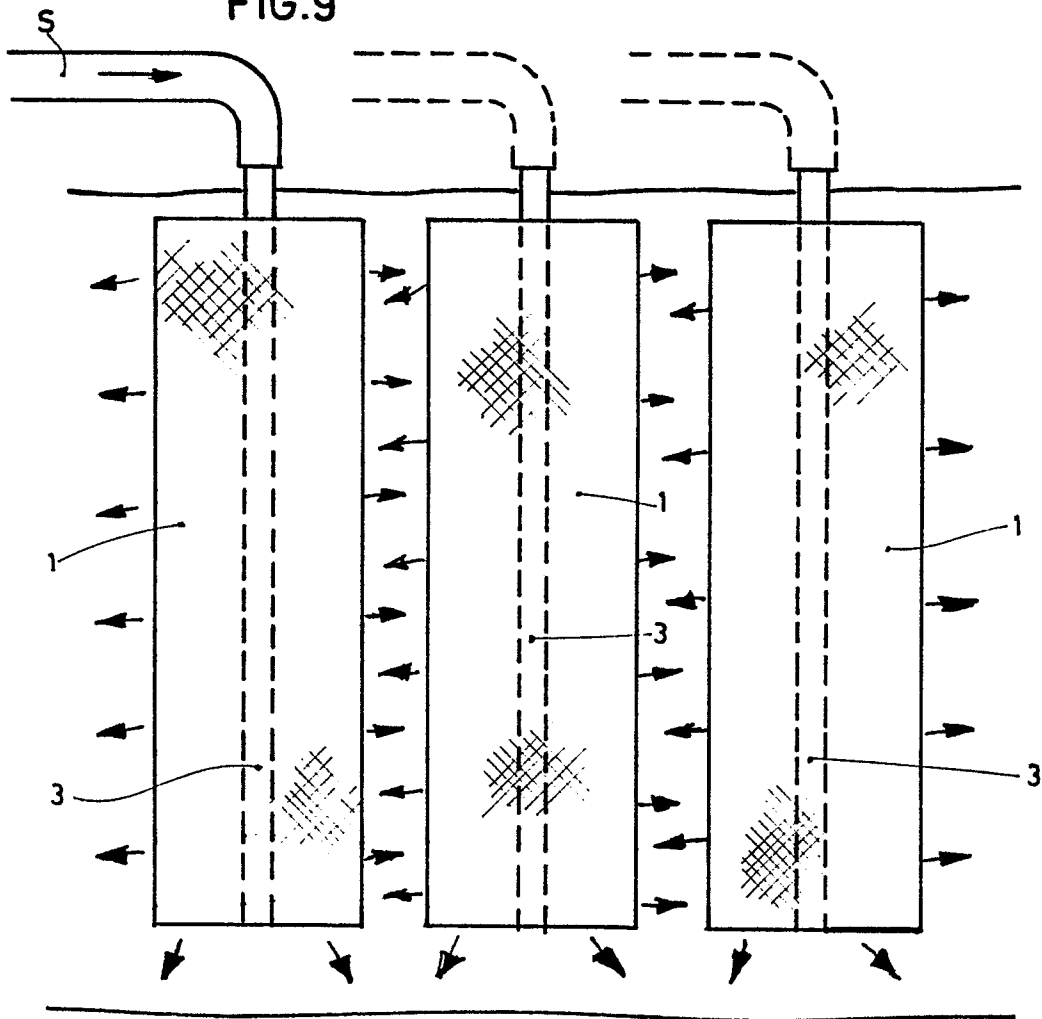


FIG.9



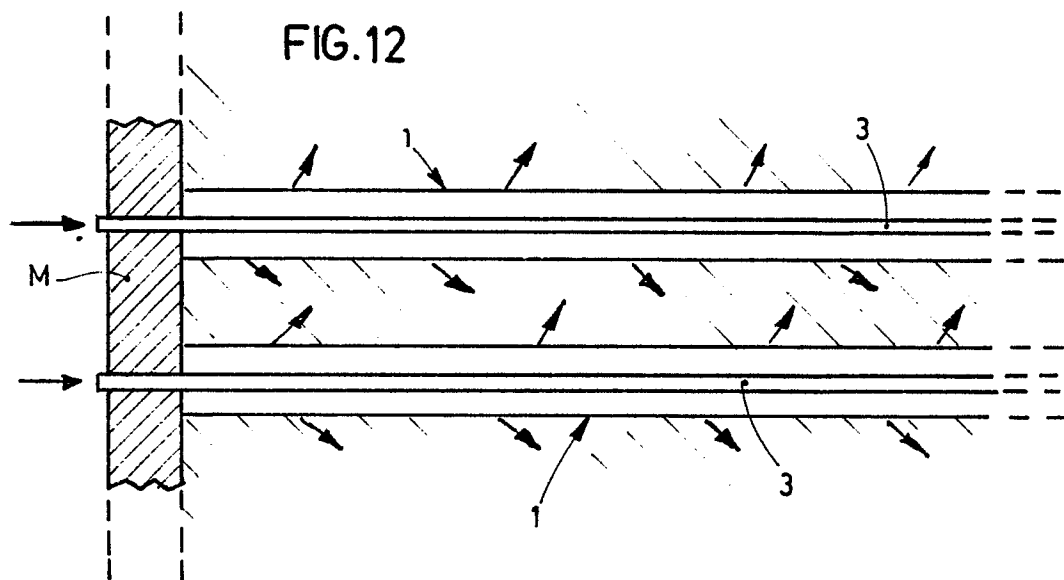
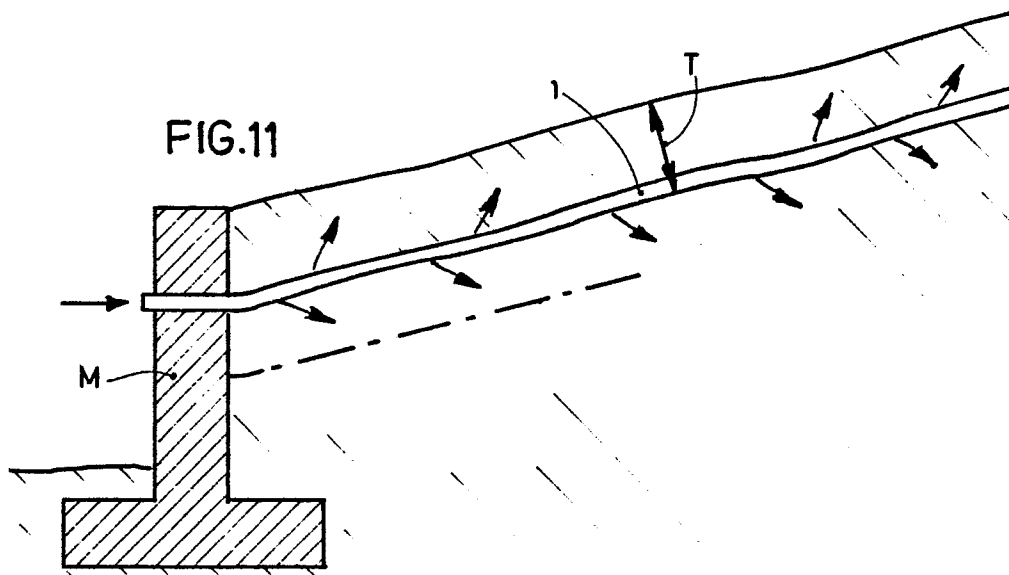
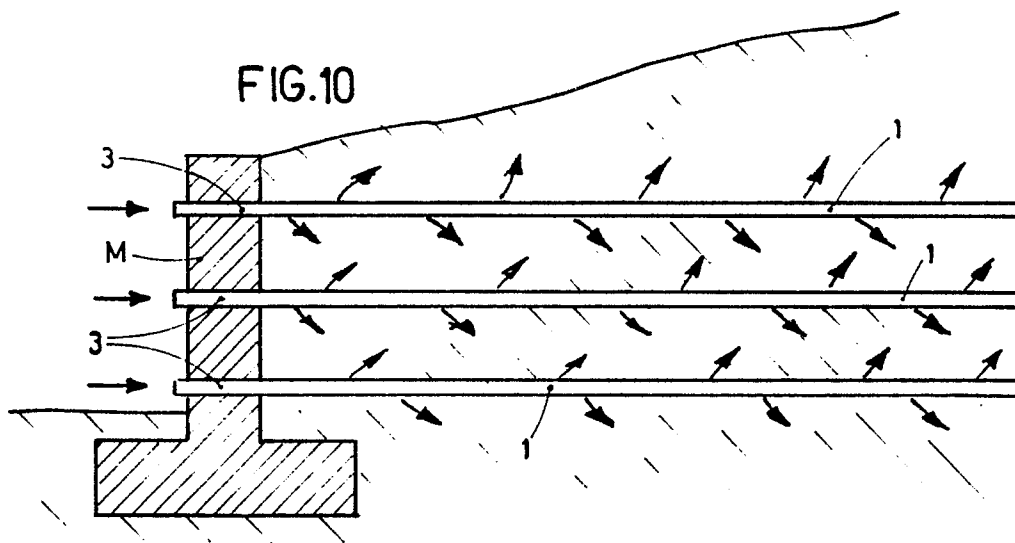


FIG.13

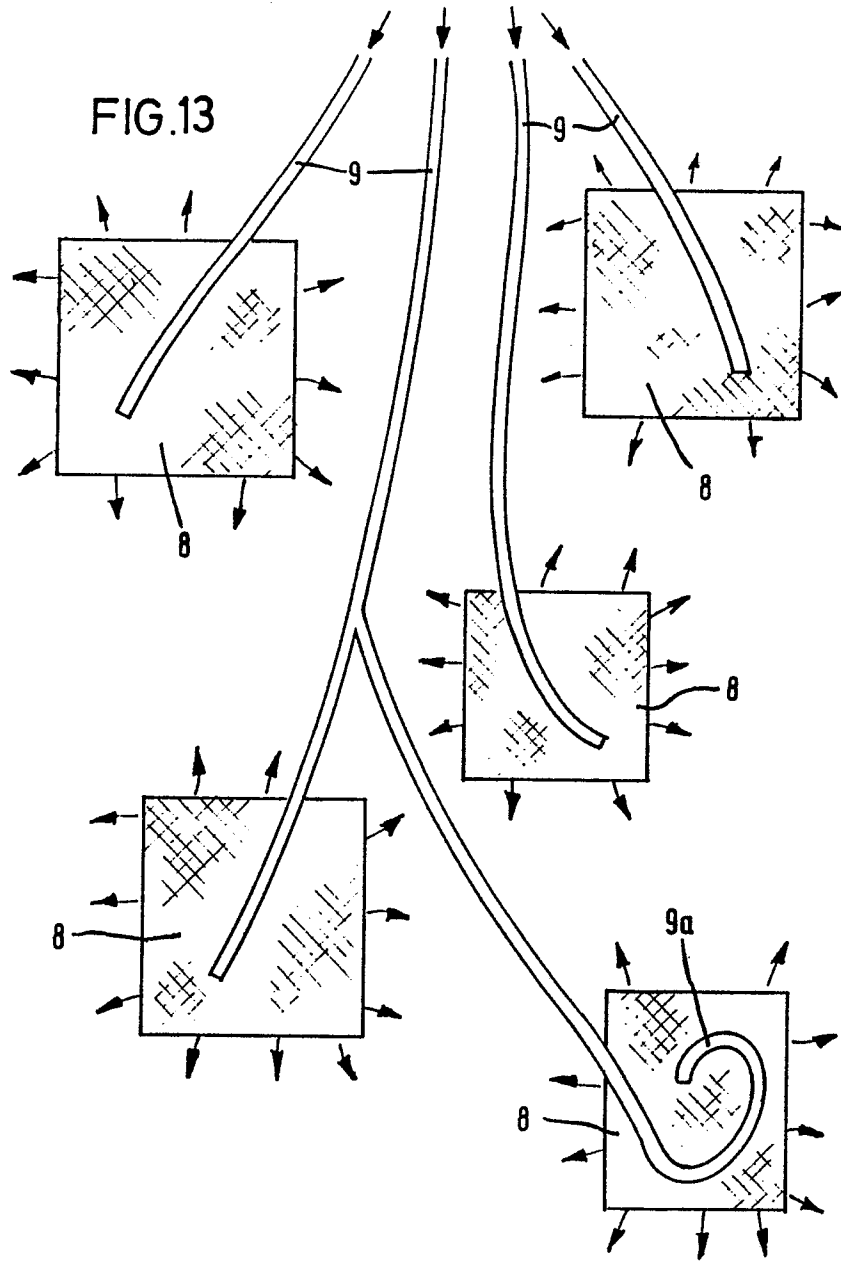


FIG.16

