

ESEMPI DI REALIZZAZIONE DI SISTEMI DI DRENAGGIO IN APPLICAZIONI GEOTECNICHE

1. Introduzione

Il presente articolo vuole essere una panoramica generale sui vari tipi di geocompositi drenanti costituiti da strutture di vario spessore e tipologia produttiva ad elevata trasmissività accoppiati con geosintetici filtranti, permeabili e/o impermeabili che vengono impiegati come sistemi di drenaggio in molteplici applicazioni geotecniche e come le diverse proprietà chimico fisiche dei vari materiali influiscano in maniera determinante sulle scelte progettuali per i vari materiali.

In particolare vengono illustrate alcune realizzazioni con geocompositi drenanti eseguite nel corso degli ultimi anni nel settore geotecnico nella realizzazione di trincee drenanti per la stabilizzazione di pendii in frana.

2. Geocompositi drenanti

Sono prodotti ottenuti mediante l'assemblaggio di un elemento definito come geospaziatore (dall'inglese "geospacer") con uno o più geosintetici di tipo non tessuto aventi determinate caratteristiche filtranti e di permeabilità oppure con geomembrane impermeabili, di solito per evitare l'intasamento della struttura drenante quando impiegati come casseri drenanti a perdere, la cui funzione principale, come il nome stesso indica, è la trasmissività dei fluidi attraverso la propria superficie.

I geocompositi drenanti sono in grado di sostituire i sistemi di drenaggio tradizionale (vespaio in ghiaia + filtro naturale o sintetico) e svolgono principalmente tre funzioni: filtrare, drenare, proteggere membrane impermeabili e tubi collettori.

Una prima considerazione da fare è che la modalità di fabbricazione dei materiali con cui si realizzano i geocompositi (geospacer e filtri) ed i polimeri principali costituenti gli stessi influiscono sulle proprietà idrauliche, meccaniche e chimico dei vari materiali.

Dal punto di vista del tipo di fabbricazione per i geospaziatori esistono tipologie molto diverse le cui categorie principali presenti sul mercato italiano si possono raggruppare in:

- geostuoie
- georeti a fili sovrapposti
- cuspidati

Le geostuoie (fig. 1) sono delle strutture tridimensionali comprimibili ad elevato grado di vuoto caratterizzate da elevata flessibilità, elasticità e resilienza e vengono realizzate principalmente in poliammide (PA), polipropilene (PP) e polietilene (PE).



Fig. 1 – esempio di geocomposito con geostuoia

Le georeti a fili sovrapposti (fig.2) sono strutture reticolari composte da serie sovrapposte e incrociate di fili paralleli che formano canali ad elevata capacità drenante caratterizzate da una struttura drenante incompressibile ed abbastanza rigida e vengono realizzate in polietilene ad alta densità (HDPE), polietilene (PE) e polipropilene (PP).

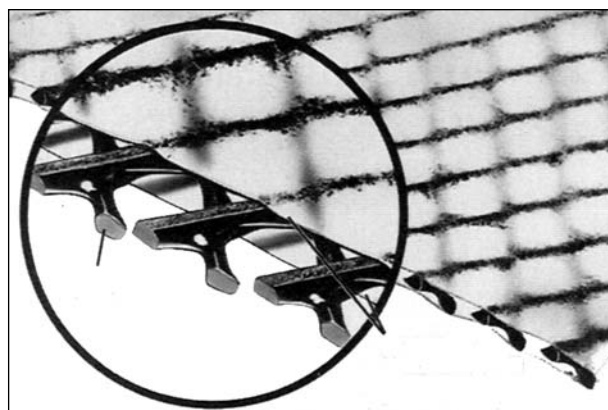


Fig. 2 – esempio di geocomposito con georete a fili sovrapposti

Per questi tipi di geospacer come elementi geotessili filtranti a elevata permeabilità possono venire impiegati non tessuti di tipo termosaldato a basso spessore in PA-PET, PP-PE o PP e di tipo agugliato in PP e PET, mentre per gli elementi barriera si utilizzano geomembrane in PVC o polietilene (PE).

I cuspidati (fig.3) sono invece delle lastre estruse formate

in HDPE o PE la cui superficie è sagomata con delle cuspidi di vario tipo ottenendo così una struttura tridimensionale le cui caratteristiche sono la flessibilità, l'impermeabilità e una limitata resistenza allo schiacciamento, soprattutto se sottoposti a carico costante nel tempo. Anche su questi materiali possono venire accoppiati per termosaldatura o incollaggio dei non tessuti agugliati in PP o PET o termosaldati in PP.

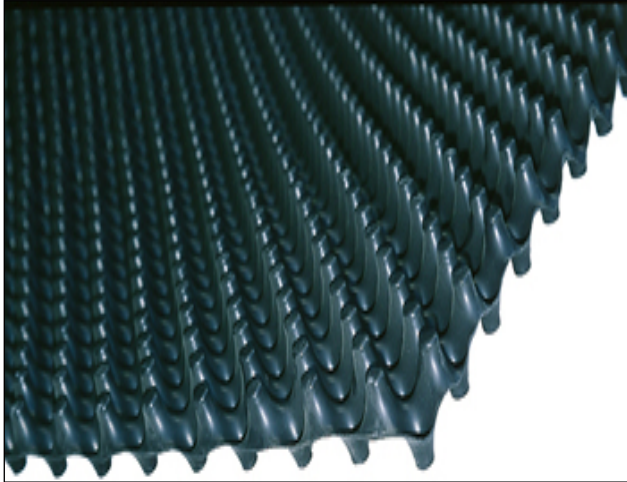


Fig. 3 – esempio di geospacer cuspidato

Oltre al tipo di struttura drenante sarà sempre importante valutare il comportamento dei vari polimeri costituenti il geocomposito nella sua globalità sia in funzione della loro resistenza chimica (per impieghi in discariche o in ambiente particolarmente aggressivi), della resistenza alla temperatura di esercizio, densità ed assorbimento dell'umidità.

	PET	PA	PP	PE
Resistenza chimica:				
- ambiente acido inorganico Ph <3	+	-	++	++
- ambiente basico inorganico pH >9	-	+/-	++	++
- solventi organici	+/-	+/-	++	++
Resistenza alla temperatura:				
- alta temperatura >150°	++	++	+/-	-
- - bassa temperatura < -5°	++	++	-	++
Resistenza UV	+	+	-	-
Creep	++	++	-	-
Resistenza per unità di peso	++	+	-	-
Resilienza	+	++	+/-	+/-
Infiammabilità	+	++	+/-	+/-
Temperatura di fusione °C	250	220	165	120
Temperatura trans. Vetrosa °C	80	-25	-13	-80
Densità kg/m³	1.380	1.140	900	950
Assorbimento umidità	0.4	4	0	0

Tab. 1 – proprietà caratteristiche dei polimeri

Le proprietà dei principali polimeri con cui sono realizzati i geocompositi sono riassunte nella tab.1 da cui si evidenzia come polimeri quali il PP ed il PE presentino ottimi comportamenti di resistenza chimica in ambienti sia acidi che basici mentre il PET abbia un comportamento da verificare in ambienti basici e buono in ambienti acidi. Dal punto di vista meccanico il PET presenta un comportamento, soprattutto per quanto riguarda il creep (valore di allungamento del materiale nel tempo sottoposto a carico costante) migliore ai polimeri lineari quali PP e PE.

Anche la temperatura di fusione dei vari polimeri è da tenere in considerazione. Si noti infatti l'ampia differenza che esiste fra il PE che presenta una temperatura di fusione di ca. 120° C ed il PET con ca. 250° C.

A seconda del tipo di struttura drenante impiegata e del tipo di geotessile filtrante la capacità drenante del geocomposito può variare sensibilmente e pertanto si dovranno sempre tenere in considerazione i seguenti parametri fisici:

- a) compressione del nucleo: il nucleo drenante non si deve ridurre notevolmente di spessore nel tempo né collassare in funzione del carico
- b) compenetrazione del filtro: dovuto alla pressione esercitata dal terreno, il geotessile filtrante tende a compenetrarsi nel nucleo drenante riducendo la capacità drenante del sistema. Questo fenomeno è più evidente quanto più è deformabile il geotessile e quanto più distanti sono i punti su cui appoggia
- c) intasamento e compressione del filtro: dovranno essere verificati principalmente due criteri:
 - criterio di ritenzione: il filtro deve essere dotato di pori sufficientemente piccoli da evitare la fuoriuscita di particelle di terreno di base attraverso i vuoti del filtro
 - criterio di permeabilità: il filtro deve essere sufficientemente permeabile, anche se compresso, da non diminuire in modo significativo il flusso d'acqua.

E' inoltre importante evidenziare che a seconda del campo di applicazione del geocomposito drenante (tab. 2) si possono avere differenti tipi di superfici di carico a contatto del materiale, diversi livelli di carico e diversi gradienti idraulici al variare dell'inclinazione di posa del geocomposito drenante.

Per una corretta progettazione, oltre ad individuare le caratteristiche dei geocompositi secondo la norma europea in vigore, EN 13252 (caratteristiche richieste ai geotessili e prodotti affini utilizzati nei sistemi drenanti), si dovrebbero richiedere in particolare le prove di trasmissività/capacità drenante secondo la norma EN 12958 (capacità drenante nel piano) effettuate con piastra di carico flessibile o rigida a seconda dell'impiego del geocomposito per avere dei dati i più vicini possibile alla reale situazione di esercizio del materiale

Application	Construction	Adjacent constructions	Pressure kPa	Position drain	Hydraulic gradient in core
Basements		hard flex.	< 100	vertical	1
Roofgardens		flex. hard	< 20	horizontal	≤ 0.03
Roads (Findrain)		hard or flex. flex.	< 200	horizontal	≤ 0.03
		flex. flex.	< 100	vertical	1
Soil consolidation		flex. flex.	< 350	vertical	1
Waste disposals		flex. capping < 20	< 20	horizontal to slope	0-0.4
		hard or flex. bottom < 800	< 800	bottom to slope	0-0.7
		hard or flex.	< 800	bottom to slope	0-0.7
Tunnelling		hard	< 200	horizontal to vertical	0
		hard or flex.	< 200	horizontal to vertical	1

Tab. 2 – campi di applicazione dei geocompositi drenanti

3. Esempi di applicazione: trincee drenanti

3.1 Inquadramento del problema: stabilità del versante

La stabilità di un versante in frana può essere raggiunta mediante la realizzazione di un sistema di trincee drenanti che sia in grado di diminuire le pressioni interstiziali e aumentare la resistenza al taglio fino a raggiungere condizioni di stabilità desiderate in tempi accettabili. L'efficacia delle trincee drenanti non è legata alla quantità di acqua evacuata, ma alla variazione delle pressioni interstiziali che il sistema è in grado di produrre. Si fa uso di trincee drenanti per stabilizzare frane superficiali pressoché parallele al piano campagna, di carattere prevalentemente traslazionale

3.2 Dimensioni e disposizione delle trincee

Possono essere a sezione rettangolare o trapezoidale in funzione della profondità (variabile da 1 a 6 m), dei mezzi di scavo disponibili e dei tempi di realizzazione richiesti. Per altezze superiori ai 2 m, è necessario sostenere le pareti dello scavo quando gli operai devono lavorare all'interno.

E' consigliabile disporre le trincee lungo la massima pendenza per evitare di peggiorare le condizioni di stabilità sia durante le operazioni di scavo che in caso di intasamento del geotessile filtrante impiegato.

L'interasse S fra le trincee drenanti varia da 1 a 6 volte la profondità D della trincea mentre, per quanto riguarda il diametro dei tubi collettori da inserire sul fondo della trincea, nella maggior parte dei casi si possono utilizzare tubi microfessurati di diametro compreso fra 100 e 200 mm.

Se si considera di realizzare delle trincee parallele, che debbano drenare sia l'acqua d'infiltrazione superficiale

che abbattere il livello di falda fino ad una determinata profondità si potrà usare la seguente formula:

$$D = d_1 + \frac{1}{2} S \sqrt{\frac{e}{K_s} + \left(\frac{2 \cdot d}{S}\right)^2}$$

dove:

- D = profondità della trincea
- d₁ = profondità abbattimento piezometrica nella parte centrale dell'interasse tra le trincee (generalmente si considera d₁ = 0)
- S = distanza fra le trincee (m)
- e = tasso di precipitazione (m/s)
- K_s = permeabilità del terreno (m/s)
- d = livello di portata d'acqua nel fondo della trincea (adottiamo d = ½ diametro del tubo drenante) (m)

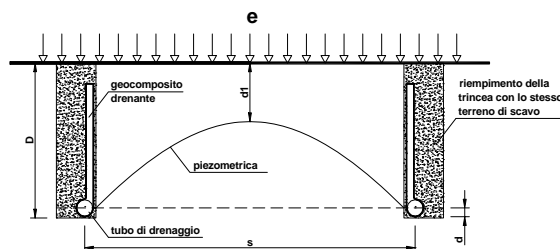


Fig. 4 – sezione tipo di trincee drenanti parallele

3.3 descrizione degli interventi

Una serie di trincee drenanti realizzate con geocompositi drenanti per la stabilizzazione di pendii in frana sono state eseguite nel comune di Sant'Agata Feltria in provincia di Pesaro Urbino e nel comune di Urbisaglia in provincia di Macerata. La progettazione delle opere è stata curata dal dott. ing. Stefano Leonori dello Studio Tecnico Associato GEOEQUIPE di Tolentino (MC) con la consulenza tecnico-scientifica del dott. Ing. Maceo Giovanni Angeli – I.R.P.I. C.N.R. Perugia, e le indagini geologiche sono state eseguite dalla ditta Geoteco di Novafeltria (PU).

Gran parte del territorio di Sant'Agata Feltria è interessato da fenomeni di dissesto idrogeologico con presenza di un movimento franoso di enormi proporzioni la cui lunghezza raggiunge i 5,5 Km dal Monte Ercole al Torrente Marecchiola. Fra i vari interventi eseguiti si illustra quello relativo al Centro Storico la cui finalità è stata quella di consolidare la porzione sommitale del versante interessata da un fenomeno franoso attivo della profondità di 4-5 metri.

Il progetto di consolidamento ha previsto le seguenti tipologie di intervento:

- paratie di pali e muri di sostegno
- trincee drenanti con geocompositi sintetici
- dreni sub-orizzontali
- regimentazione delle acque superficiali

Sono state eseguite trincee drenanti a sezione trapezia (fig. 5 e fig. 6) della profondità di 5-6 metri con un tubo di captazione in HDPE di diametro 150 mm (fig. 7) posto sul fondo della trincea al piede ed all'interno di ciascun geocomposito, per una lunghezza complessiva di circa 1.400 metri lineari

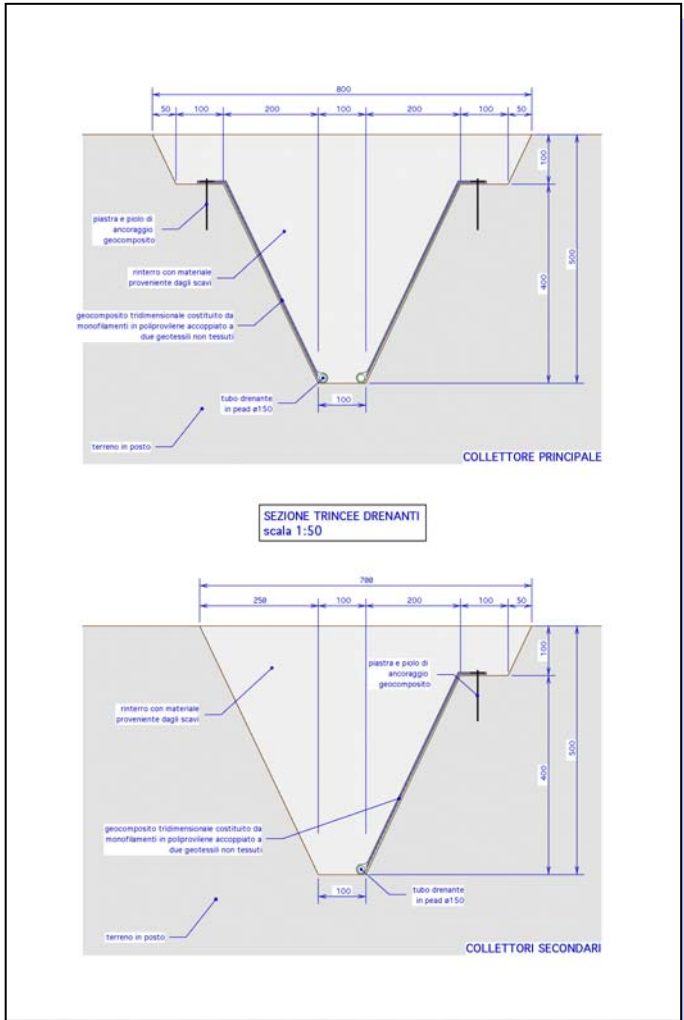


Fig. 5 – sezione tipo realizzate nel Centro storico e di Casalecchio

Il geocomposito drenante impiegato era costituito da una geostuoia tridimensionale con accoppiato per cucitura sui due lati un non tessuto termosaldato a basso spessore. Il materiale fornito in rotoli di larghezza utile fino a 5 metri, è stato posato sulle pareti laterali della trincea e fissato in sommità con dei picchetti.

La realizzazione delle trincee drenanti con geosintetici ha evidenziato i seguenti vantaggi:

- a) Riutilizzo di tutto il materiale proveniente dagli scavi per i reinterri (fig. 8) per cui non si ricorre alle discariche
- b) Controllo qualità lavoro: omogeneità delle caratteristiche del geocomposito indipendenti da fattori

quali variabilità dello spessore dello scavo, quantità e qualità degli inerti impiegati e la gradazione degli stessi che influenzano l'efficacia dei dreni naturali

- c) Facilità di posa in opera: non necessita mano d'opera specializzata



Fig. 6 – posa del geocomposito drenante nella trincea



Fig. 7 – posa del tubo di drenaggio all'interno del geocomposito

- d) Cantiere di lavoro "corto": contenimento della porzione di scavo aperto nella lunghezza da 20-40 metri e la rapidità di esecuzione ha limitato al massimo i franamenti delle pareti degli scavi
- e) Sicurezza dei lavoratori, in quanto non sono necessari interventi all'interno degli scavi date le notevoli dimensioni del geocomposito fornito direttamente al cantiere dallo stabilimento di produzione
- f) Riduzione d'impatto ambientale, non dovendo fare ricorso a cave di inerti per la realizzazione di drenaggi tradizionali non si è avuto un incremento di traffico di mezzi pesanti sulle strade adiacenti ai cantieri

Infine dal punto di vista economico è interessante notare il confronto riportato in tabella 3 fra una trincea tradizionale realizzata con la posa in opera di ghiaia di fiume o pietrisco di cava, da un tubo drenante e da un non tessuto per la filtrazione delle acque di profondità H=5 m con una trincea a due geocompositi drenanti alla medesima profondità e due tubi collettori, sulla base di prezzi estratti dal prezzario per i lavori pubblici della regione Marche.



Fig. 8 – fase di riempimento della trincea con terreno dello scavo

N.O.	Descrizione	U.M.	Quantità	Prezzo lordo	Tradizionale		Con geocomposito drenante
					Importo	Quantità	Importo (lire)
1	Drenaggio eseguito con ghiaia di fiume o pietrisco cava lavati	M3	9,32	46.200	430.584	0,00	0
2	Rinterri con uso mezzi meccanici con materiali da scavi	M3	3,99	4.700	18.781	15,71	73.870
3	Scavo a sezione obbligata con mezzo meccanico fino alla profondità di 4,00	M3	11,98	13.500	161.811	14,39	194.225
4	Scavo a sezione obbligata con mezzo meccanico alla profondità di 4,01 m fino a 6,00 m	M3	1,33	18.000	23.940	1,33	23.940
5	Realizzazione di trincea drenante con geocomposito	M3	0,00	26.000	0	10,00	260.000
6	Tubo drenante di diametro mm 150	M3	1,00	23.000	23.000	2,00	46.000
7	Fornitura e posa di geotessuto avente funzione filtrante	M3	13,70	9.300	127.410	0,00	0
	Importo totale a metro lineare				785.526		598.034

Tab. 3 – confronto economico di trincea drenante con geosintetici e sistema tradizionale

Confrontando l'importo a metro lineare, il prezzo di realizzazione di una trincea con geocompositi è risultato di circa il 75% di una trincea tradizionale.-

RIASSUNTO

Esempi di realizzazione di sistemi di drenaggio in applicazioni geotecniche

Il presente articolo ha illustrato vari tipi di geocompositi drenanti sia dal punto di vista delle caratteristiche costruttive dei vari prodotti che delle proprietà chimico-fisiche dei polimeri costituenti gli stessi.

E' stata quindi presentata una realizzazione particolare di trincee drenanti con geocompositi per la stabilizzazione di pendii in frana nella zona Sant'Agata Feltria nelle Marche e relativo confronto economico con sistemi tradizionali drenanti con materiali inerti.

ABSTRACT

Drainage systems with geocomposites in geotechnical applications

The paper presented various types of draining geocomposites showing main differences either from manufacturing point of view of the materials than by chemical-physical polymer properties

Furhermore an application of geocompispites in drainage trenches to stabilize slope sliding together with economical comparison with a traditional system with aggregate has been described.