

Terre rinforzate
progettare con geogriglie
a bassa deformazione

SEIC
G E O T E C N I C A



La tecnologia non tiene lontano l'uomo dai
grandi problemi della natura, ma lo costringe
a studiarli più approfonditamente

Antoine De Saint-Exupéry



Enkagrid® PRO

Terre rinforzate

progettare con geogriglie a bassa deformazione

La sensibilità crescente verso l'ambiente e la possibilità di realizzare opere con costi e tempi di esecuzione contenuti hanno contribuito alla grande diffusione delle terre rinforzate spesso in alternativa al tradizionale cemento armato. Le conoscenze tecniche acquisite associate all'elevata qualità dei materiali disponibili consentono oggi di poter utilizzare tale tecnologia in molti campi dell'ingegneria civile, ambientale e geotecnica. La **divisione seic geotecnica** della **HARPO spa**, presente in questo mercato da più di trent'anni, offre materiali di altissima qualità tecnica ed un servizio di assistenza qualificato a Progettisti, Enti ed Imprese interessate ad utilizzare i nostri sistemi.



Concetti Generali

Il principio della terra rinforzata

La pendenza di un rilevato tradizionale in terra è condizionata dalle caratteristiche geomeccaniche del terreno utilizzato. In particolare nel caso di un terreno granulare asciutto la pendenza massima β che il rilevato può raggiungere è pari all'angolo di attrito φ' del terreno stesso. Per la realizzazione di pendii più ripidi o al fine di garantire un margine di sicurezza più ampio, si inseriscono degli elementi di rinforzo creando così una terra rinforzata.

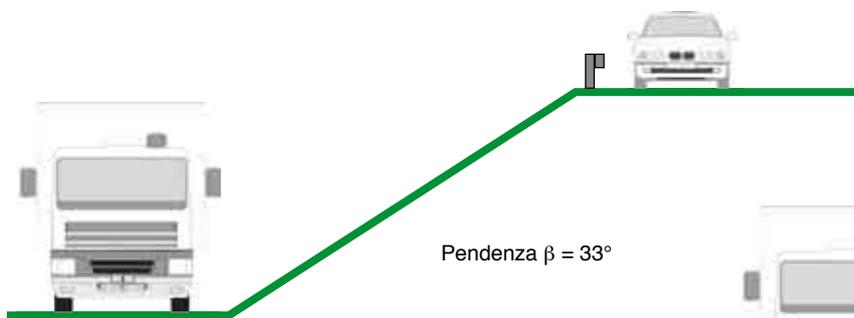


Fig. 1a: Rilevato tradizionale

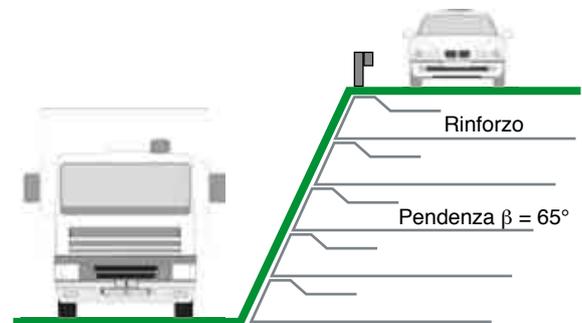


Fig. 1b: Rilevato rinforzato

Il concetto della terra rinforzata può essere brevemente spiegato partendo dalle caratteristiche meccaniche dei materiali che la compongono, il terreno ed il rinforzo.

Il terreno è un materiale da costruzione contraddistinto generalmente da buone caratteristiche di resistenza alla compressione e taglio ma da resistenze alla trazione virtualmente nulle. Per sopperire a tale mancanza, all'interno del terreno vengono inseriti dei rinforzi al fine di creare un sistema anisotropo con resistenza a compressione, taglio e trazione.

Nel caso delle terre rinforzate tale meccanismo può essere descritto ipotizzando per semplicità un terreno asciutto dotato di solo attrito.



Considerando una potenziale superficie di scivolamento lungo la scarpata del caso A, la stabilità di ogni singola striscia di terreno può essere valutata considerando il rapporto tra la forza stabilizzante $F_{stab} = W \cos \beta \operatorname{tg} \varphi' = F_N \operatorname{tg} \varphi'$ e la forza instabilizzante $F_T = W \sin \beta$. Qualora non vengano soddisfatte le condizioni di equilibrio, all'interno del terreno possono essere inseriti degli elementi di rinforzo di resistenza F_{rinf} (caso B). La presenza del rinforzo all'interno del terreno incrementa la forza stabilizzante per ogni singola striscia di un valore $F_{rinf} (\cos \beta \operatorname{tg} \varphi' + \sin \beta)$.

Caso A) Scarpata senza rinforzi

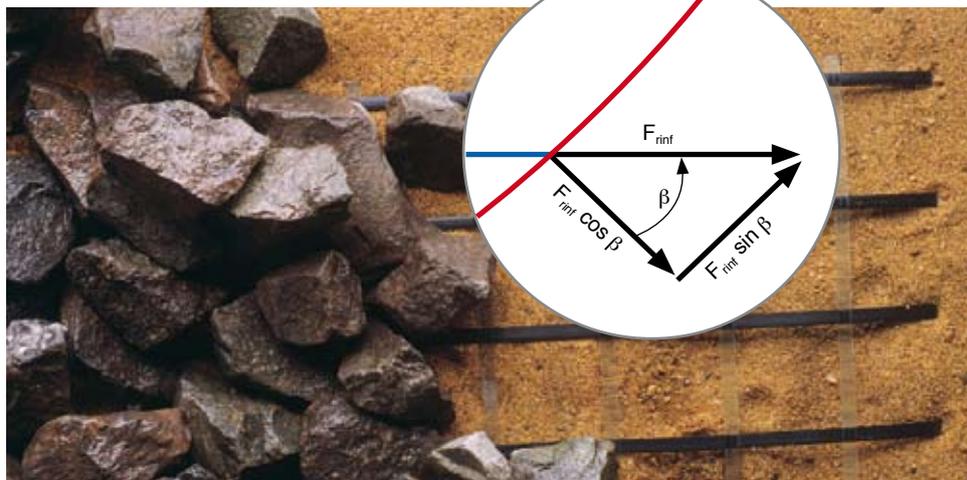
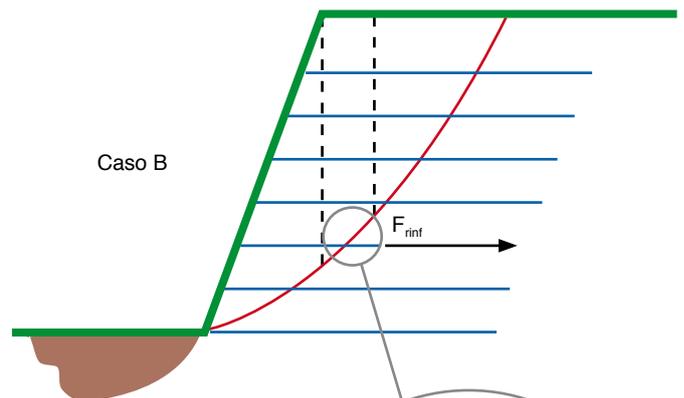
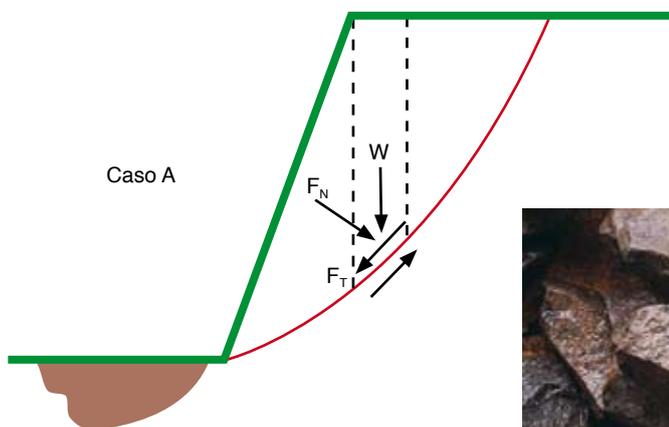
$$F_{stab} = W \cos \beta \operatorname{tg} \varphi' = F_N \operatorname{tg} \varphi'$$

dove F_{stab} = forza stabilizzante
 W = peso singola striscia di terreno
 β = pendenza scarpata
 φ' = angolo di attrito efficace
 F_N = componente di W normale alla superficie di scivolamento
 F_T = componente di W tangenziale alla superficie di scivolamento

Caso B) Scarpata con rinforzi

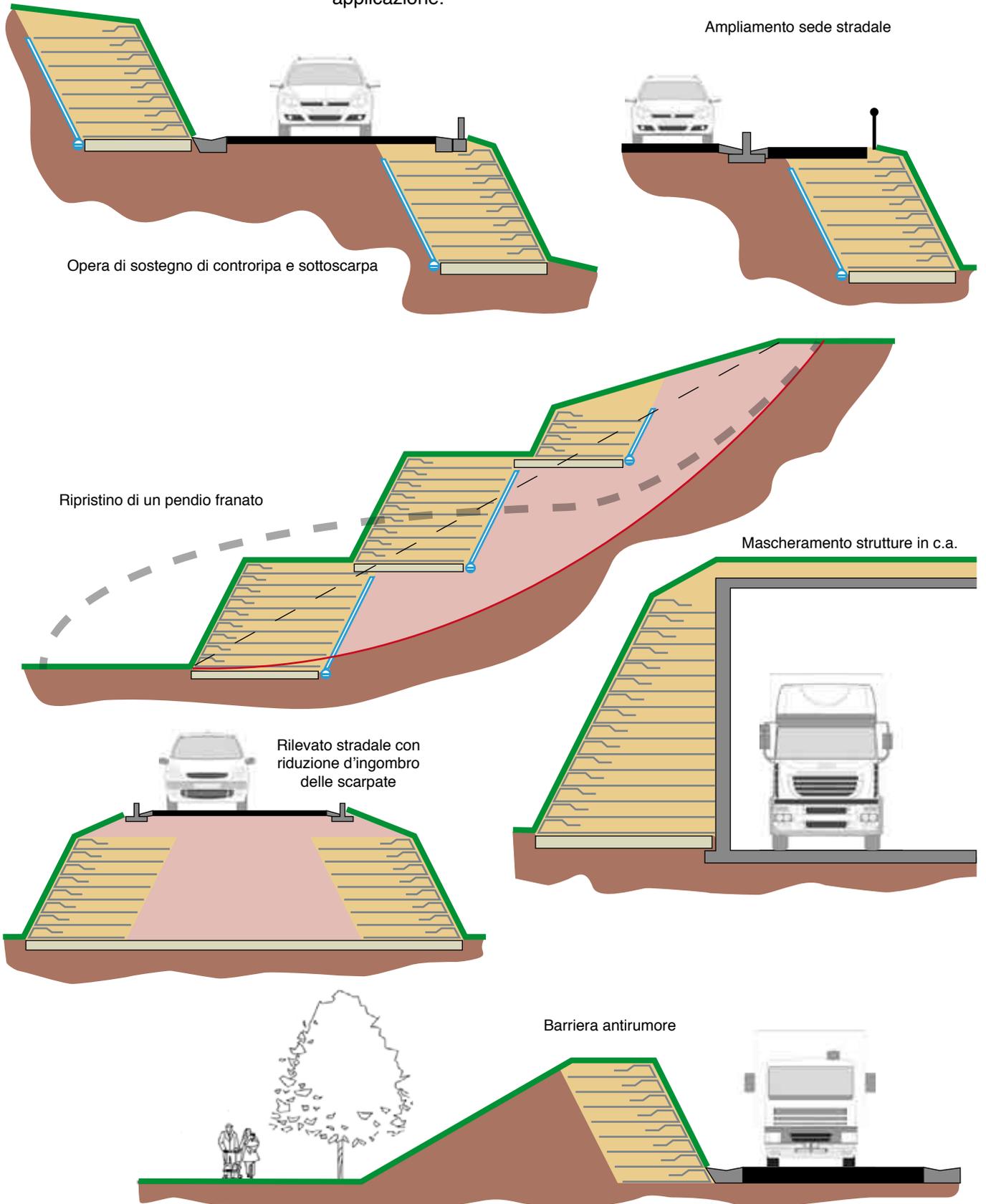
$$F_{stab} = F_N \operatorname{tg} \varphi' + F_{rinf} \cos \beta \operatorname{tg} \varphi' + F_{rinf} \sin \beta = F_N \operatorname{tg} \varphi' + F_{rinf} (\cos \beta \operatorname{tg} \varphi' + \sin \beta)$$

dove F_{rinf} = resistenza a trazione di progetto del rinforzo

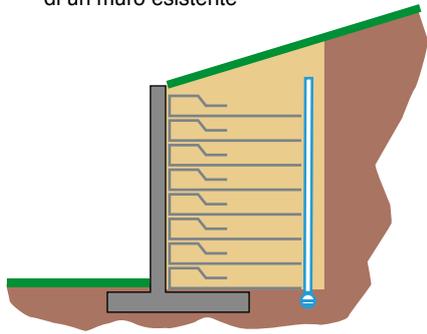


Principali campi di applicazione

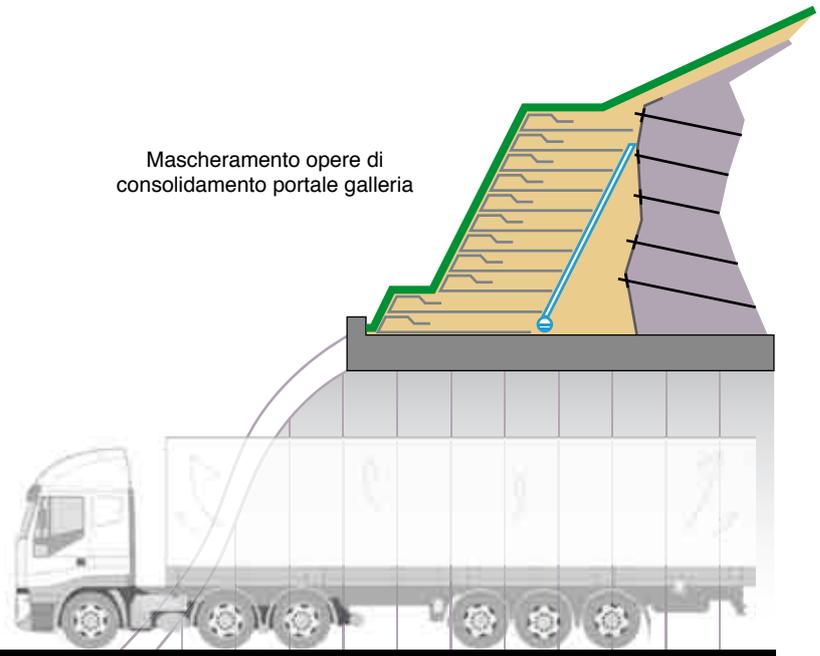
La tecnica delle terre rinforzate offre soluzioni ottimali in molti campi di applicazione.



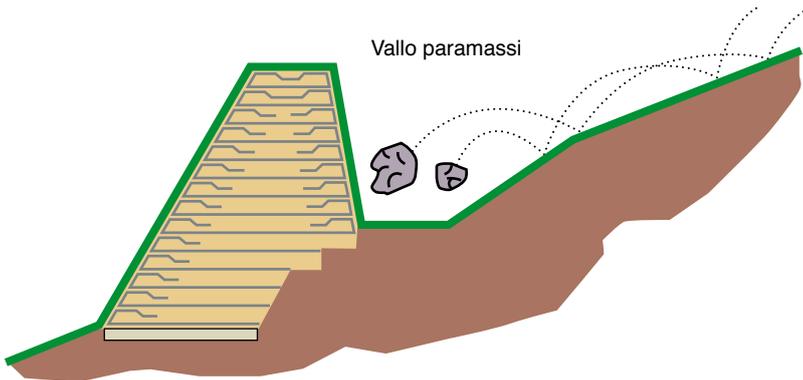
Eliminazione spinte a tergo di un muro esistente



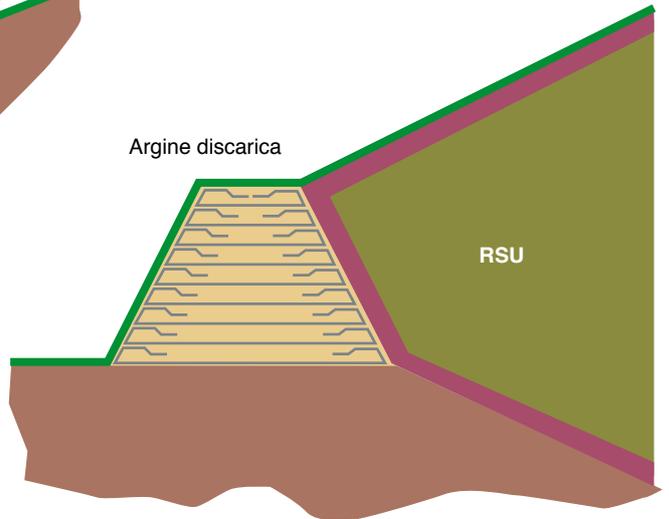
Mascheramento opere di consolidamento portale galleria



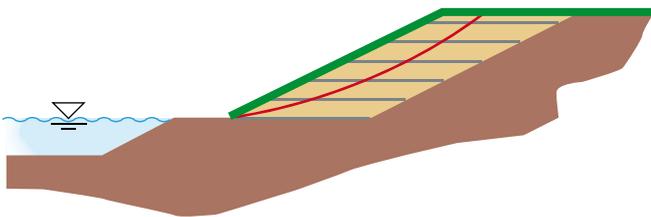
Vallo paramassi



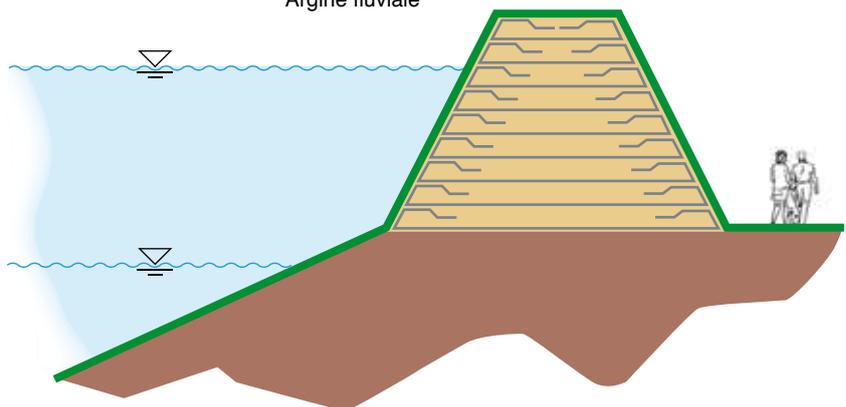
Argine discarica



Ripristino sponde franate



Argine fluviale



Il comportamento meccanico di alcuni polimeri

Nel mercato mondiale dei rinforzi sintetici vengono utilizzati diversi tipi di polimero fra i quali i più diffusi sono il polipropilene (PP), il polietilene ad alta densità (HDPE) e il poliestere (PET). Tra i tre polimeri, quello che offre le migliori caratteristiche di resistenza meccanica è indubbiamente il poliestere, seguito dal polipropilene e per ultimo dal polietilene. Tale aspetto, riconosciuto dalla Comunità Scientifica mondiale, può essere esemplificato nei due grafici di fig. 2, in cui si evidenzia il comportamento deformativo dei diversi materiali sottoposti a carico costante (creep) rispettivamente al 20% (a) ed al 60% (b) del carico di rottura. Dai grafici si può osservare ad esempio come il poliestere mantenga un comportamento lineare anche per percentuali di carico ben superiori al polietilene, mentre quest'ultimo per carichi del 60% subisce delle deformazioni molto marcate.

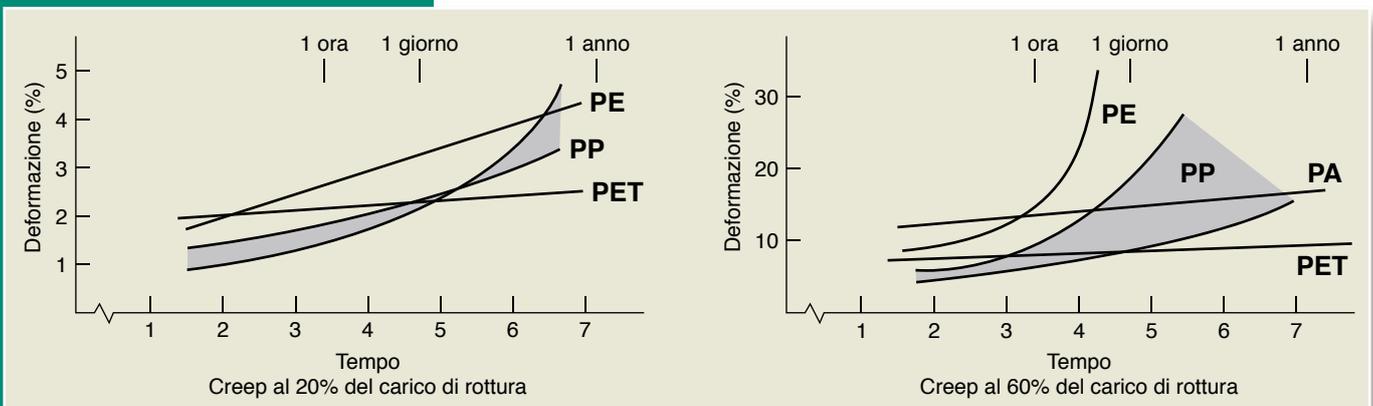


Fig. 2: deformazione a carico costante di alcuni polimeri (estratto da "Design with Geosynthetics" di Robert Koerner)

Un altro confronto utile per comprendere la differenza tra i diversi rinforzi e polimeri riguarda la deformazione a breve e lungo termine. Geogriglie con proprietà meccaniche accettabili nel breve termine possono subire deformazioni anche marcate nel tempo. Il comportamento di uno specifico rinforzo risulta fondamentale per valutare gli effetti del suo utilizzo sull'opera in terra; in base alla sua durata di progetto,

questa analisi assume particolare importanza ad esempio nelle opere strategiche che richiedono una vita utile di almeno 100 anni. Anche in questo caso si osserva come in generale il poliestere presenta valori di modulo elevati ed in particolare l'**Enkagrid® PRO** ha un comportamento nettamente superiore agli altri materiali esaminati come evidenziato nel grafico di fig. 3.

Confronto deformazione a breve e lungo termine tra alcune geogriglie di rinforzo

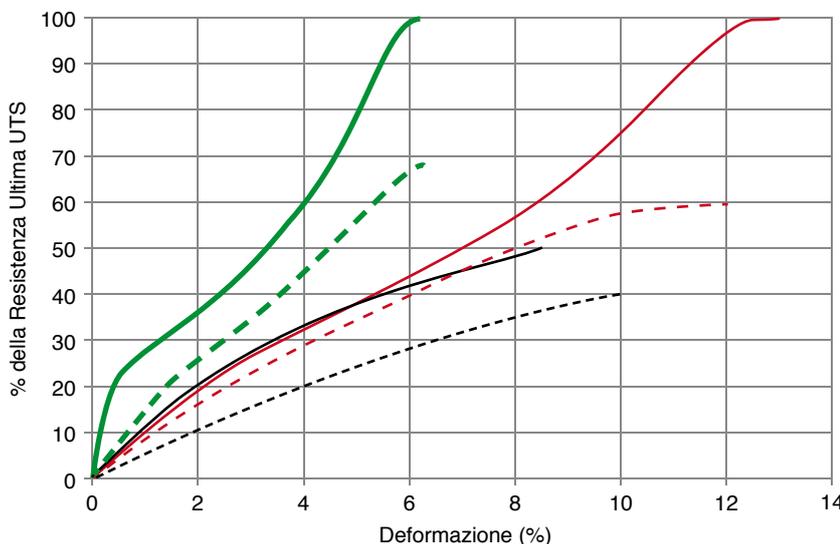


Fig. 3 (Grafico elaborato sulla base delle Certificazioni di singoli prodotti)

Esaminati i punti principali che condizionano il comportamento a breve e lungo termine di un geosintetico di rinforzo, è possibile calcolare la sua resistenza e la sua deformazione per la vita utile della terra rinforzata mediante l'inserimento di specifici fattori di riduzione. Al fine di garantire la validità, tali fattori di riduzione vengono certificati da Enti riconosciuti (es. BBA, SKZ, ecc.) sulla base di opportuni test di laboratorio. Progettando con l' **Enkagrid® PRO** è possibile avvalersi di diversi certificati fra i quali il più restrittivo è il BBA (British Board of Agreement), Ente Certificatore Inglese.

In base alla resistenza ultima t_{ult} (UTS) di una specifica geogriglia ed alle condizioni di progetto, è possibile calcolare la massima resistenza di progetto t_{des} di un determinato rinforzo utilizzando i suoi specifici fattori di sicurezza parziali:

$$t_{des} = P_c / [(f_m) \cdot (f_d) \cdot (f_e)]$$

dove:

- (P_c): resistenza del rinforzo t_{ult} ridotta per effetti di creep in base alla vita utile dell'opera e dimensionata in base alle curve isocrone (vedi fig. 4);
- (f_m): fattore di riduzione parziale per incertezza di produzione ed estrapolazione dati: può essere considerato come fattore di sicurezza globale;
- (f_d): fattore di riduzione parziale dovuto al danneggiamento meccanico del geosintetico in fase di posa da parte del terreno compattato;
- (f_e): fattore di riduzione parziale per il chimismo del terreno.

Nota Bene: nella verifica di alcune tipologie di griglie, causa le modalità costruttive che nei giunti possono presentare un punto di debolezza, la normativa americana prevede l'inserimento di un ulteriore fattore di sicurezza definito come *Fattore di Sicurezza delle Giunzioni*. Nei normali rinforzi, ove l'elemento è continuo ed omogeneo come l'**Enkagrid® PRO** tale verifica non è prevista e non ha significato tecnico.

Da quanto sopra riportato e dalla tabella 1 si può infine osservare che:

- **la definizione di un rinforzo esclusivamente attraverso la sua Resistenza Ultima (UTS) non rappresenta la resistenza realmente disponibile nel tempo;**
- **rinforzi con resistenze ultime elevate possono avere, per caratteristiche polimeriche e strutturali, valori di resistenza in esercizio significativamente inferiori a rinforzi con valori di UTS più bassi.**
- **definita una vita utile di progetto ed una deformazione massima ammissibile, la scelta del rinforzo più idoneo deve basarsi sulla sua specifica resistenza di progetto t_{des} e sull'entità della sua deformazione.**

Tabella 1: un esempio di confronto nel calcolo della tensione ammissibile tra geogriglie di rinforzo per una terra rinforzata con vita utile di 100 anni utilizzando una ghiaia sabbiosa.

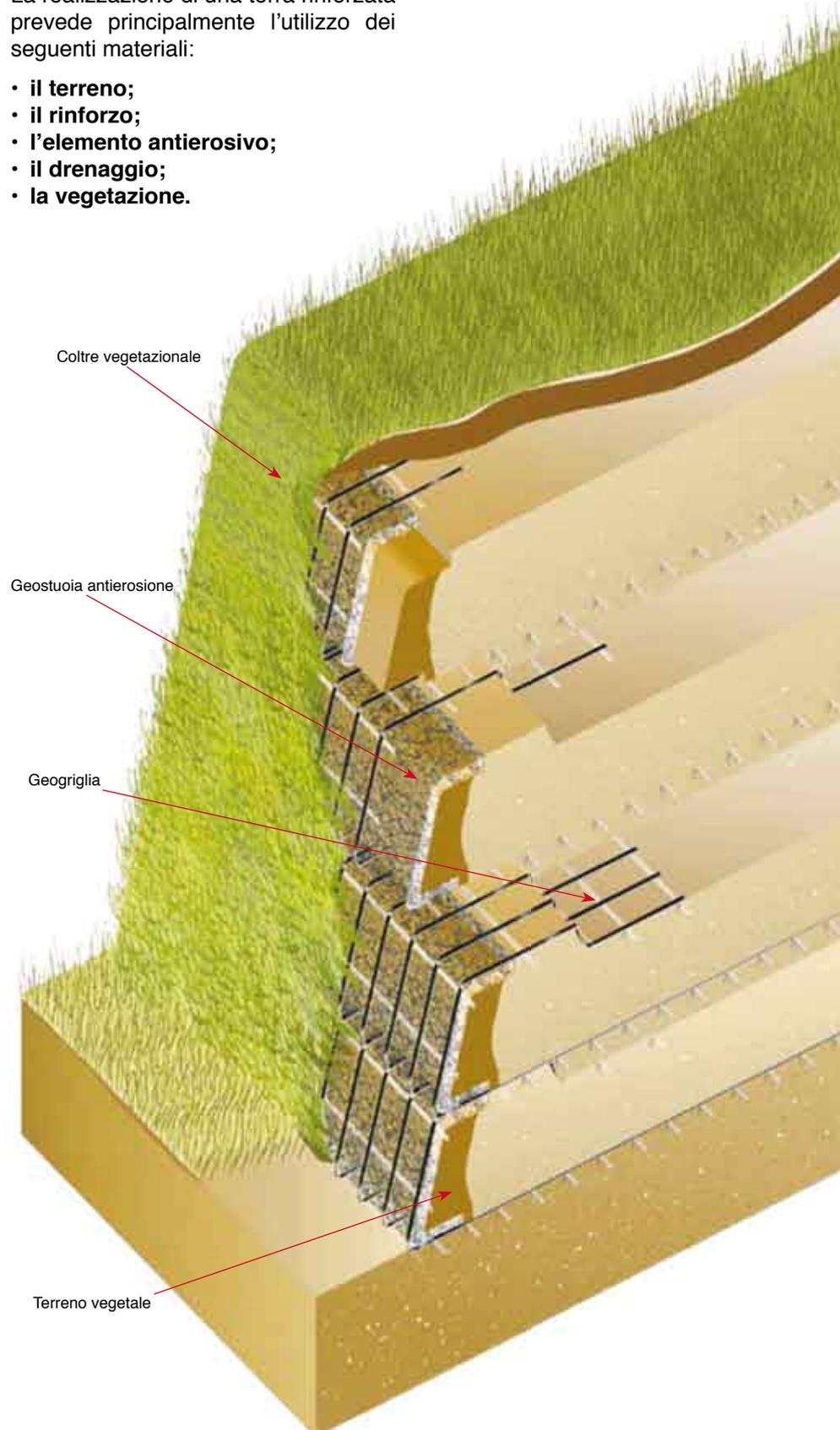
Tipologia Geogriglia	Resistenza Ultima UTS (kN/m)	Deformazione a rottura (%)	Fattori di riduzione per le stesse condizioni di progetto				Tensione di progetto t_{des} (kN/m)
			P_c	f_m	f_d	f_e	
Estrusa in HDPE	60	13	0.41 x UTS	1.0	1.0	1.0	24.60
Tessuta in PET	60	13	0.60 x UTS	1.2	1.1	1.0	27.27
Enkagrid PRO	60	6	0.68 x UTS	1.1	1.05	1.0	35.32

Esaminando poi la deformazione si osserva che rispetto all'**Enkagrid® PRO** le altre geogriglie hanno una deformazione più che doppia.

Gli elementi costituenti una terra rinforzata

La realizzazione di una terra rinforzata prevede principalmente l'utilizzo dei seguenti materiali:

- **il terreno;**
- **il rinforzo;**
- **l'elemento antierosivo;**
- **il drenaggio;**
- **la vegetazione.**





Enkagrid® PRO Terre Rinforzate

Il terreno

Una terra rinforzata può essere realizzata con gran parte dei terreni presenti in natura; le caratteristiche del riempimento utilizzato condizionano la scelta dei rinforzi sia in termini di resistenza che di geometria. Per tale motivo generalmente si utilizzano terreni prevalentemente granulari, ben gradati al fine di ottenere una adeguata compattazione e caratterizzati da buoni valori di attrito e permeabilità. Nella zona frontale, al fine di favorire la crescita della vegetazione, si posa generalmente uno strato di terreno ricco in componente umica (terreno vegetale).

La buona resistenza meccanica e chimica dell'**Enkagrid® PRO** consente il suo utilizzo anche in condizioni estreme quali ad esempio nella realizzazione di rilevati con pietrame o con terreni trattati a calce, come confermato dalle ricerche e dalle certificazioni **COLBOND**. Studi eseguiti per applicazioni fluviali ed in discarica hanno inoltre evidenziato che utilizzando l'**Enkagrid®** nella realizzazione di argini in argilla, la presenza della geogriglia non inficia la funzione di barriera pseudo-impermeabile (non costituendo via preferenziale per l'infiltrazione dell'acqua al suo interno).

La geogriglia di rinforzo

La scelta ed il dimensionamento del rinforzo costituiscono uno dei punti essenziali nella progettazione di una terra rinforzata. Per l'esecuzione di tutte le verifiche è indispensabile conoscere il comportamento del rinforzo a breve ed a lungo termine sia in termini di resistenza che di deformazione. E' necessario inoltre conoscere l'interazione rinforzo/terreno ed il potenziale danneggiamento meccanico e chimico legati alle condizioni in fase di posa ed ambientali di esercizio.

L'**Enkagrid® PRO** è una geogriglia monoassiale in nastri estrusi di poliestere (PET) ad elevato modulo elastico, disponibile con resistenze comprese tra 40 e 180 kN/m. L'**Enkagrid®** viene diffusamente impiegato nel rinforzo di scarpate, pendii, muri di sostegno, rilevati ed in tutte le applicazioni ove venga richiesto l'inserimento di rinforzi ad elevate prestazioni. I nastri dell'**Enkagrid® PRO** vengono saldati tra loro mediante tecnologia laser e trattati in modo specifico per proteggerli dalla degradazione dei raggi U.V..



Caratteristiche a breve termine

La geogriglia **Enkagrid® PRO** viene fornita in un'ampia gamma di resistenze in grado di soddisfare il dimensionamento di opere in terra rinforzata per altezze anche superiori ai 20 m. La sua rigidità consente di ottenere elevati valori di resistenza anche a basse deformazioni.

	Unità	PRO 40	PRO 60	PRO 90	PRO 120	PRO 180
Resistenza a trazione*	kN/m	44	70	105	127	199
Resistenza a trazione* *	kN/m	40	64	98	120	190
Resistenza al 2% dell'allungamento*	kN/m	17	26	42	48	72
Resistenza al 5% dell'allungamento*	kN/m	33	51	81	87	140
Allungamento a rottura*	%	6	6	6	6	6

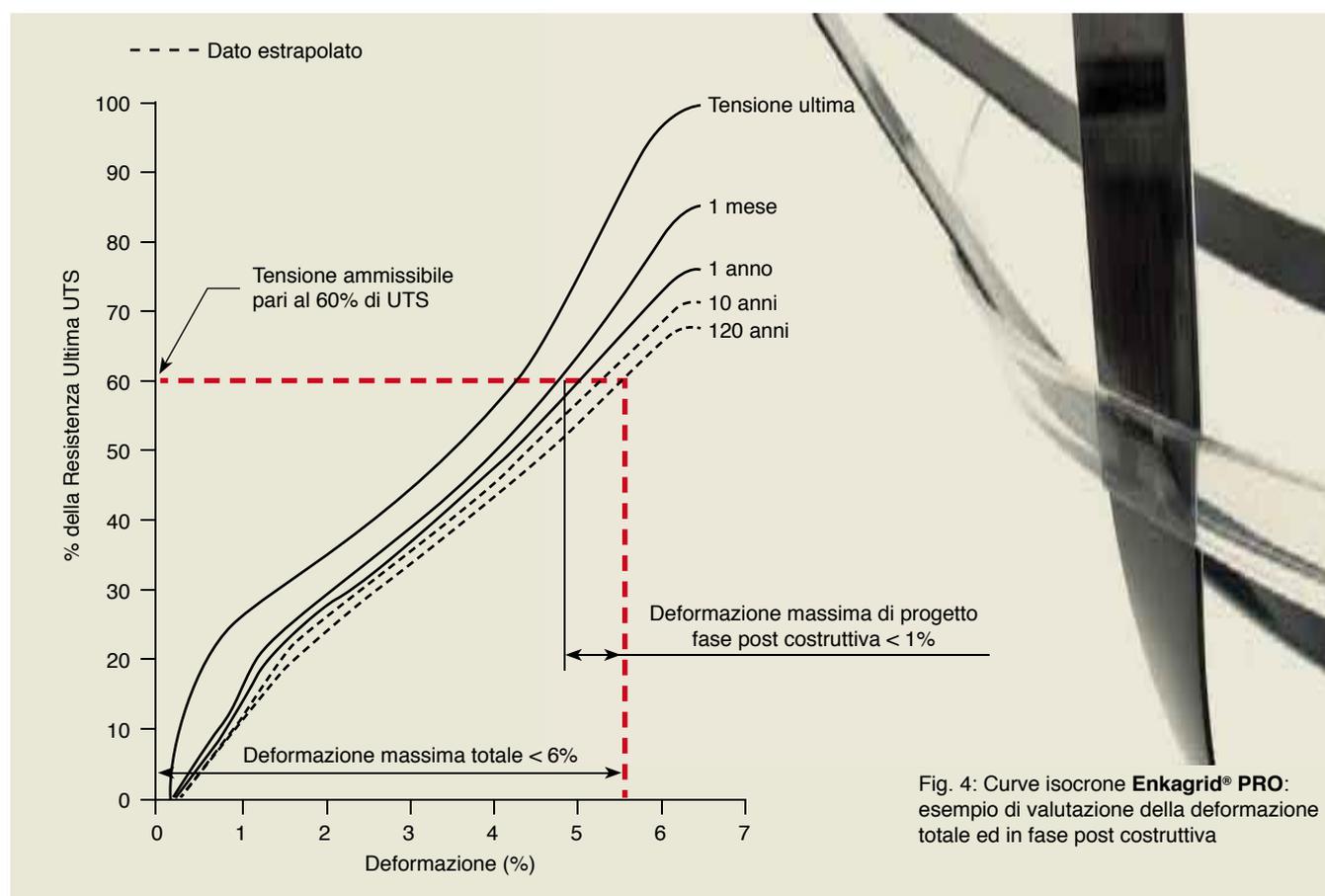
* valore medio

** valore al 95% di confidenza

Tab. 2

Caratteristiche a lungo termine

Le caratteristiche meccaniche a breve termine di un rinforzo costituiscono un punto di partenza essenziale per il suo dimensionamento. Per conoscere però quale sarà il suo comportamento nel medio/lungo termine è essenziale avere a disposizione le sue specifiche "curve isocrone". Tali curve consentono di individuare con chiarezza il comportamento nel tempo di una specifica geogriglia e quindi comprendere il suo livello qualitativo e la sua affidabilità. Esaminando il grafico di fig. 4 si può osservare come l'**Enkagrid® PRO** presenti una bassa deformazione complessiva ed una bassissima deformazione post costruttiva.



Il Concetto della Compatibilità Deformativa e degli Stati Limite

L'interazione rinforzo-terreno presuppone che il rinforzo ed il terreno contribuiscano simultaneamente con le relative resistenze di progetto. Tale condizione si manifesta quando entrambi raggiungendo una medesima deformazione, collaborano assieme per la stabilità del volume di terra rinforzata (Fig. 5).

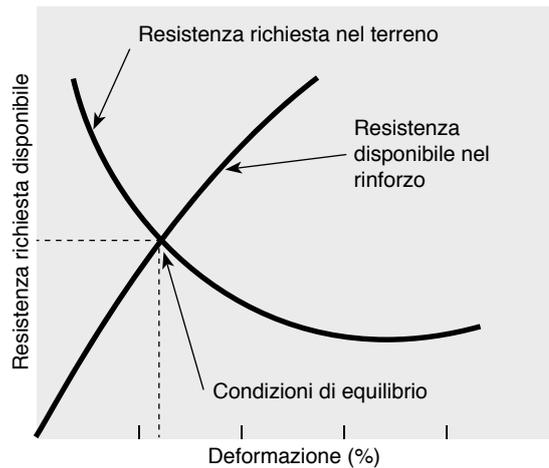


Fig. 5

L'utilizzo di un rinforzo ad elevata deformazione richiederà una deformazione elevata anche del terreno che si troverà in condizioni di resistenza residua, mentre un rinforzo a deformazione limitata consentirà di sfruttare al meglio le caratteristiche del terreno stesso evitando una sua "rottura" (Fig. 6).

Sulla base di tali concetti, risulta importante poter valutare le potenziali deformazioni della struttura in fase costruttiva e post costruttiva. Pertanto è logico prevedere a parità di resistenza che rinforzi a maggior deformazione (10-13%) creeranno delle deformazioni nel terreno ben superiori rispetto all'utilizzo di rinforzi con deformazione marcatamente inferiore come l'**Enkagrid® PRO** (6%). A tal riguardo è stato eseguito uno studio dall'Università degli Studi di Genova da cui è emerso in modo evidente che la rigidità di un rinforzo condiziona le deformazioni del corpo in terra rinforzata anche in modo significativo (Fig. 7).

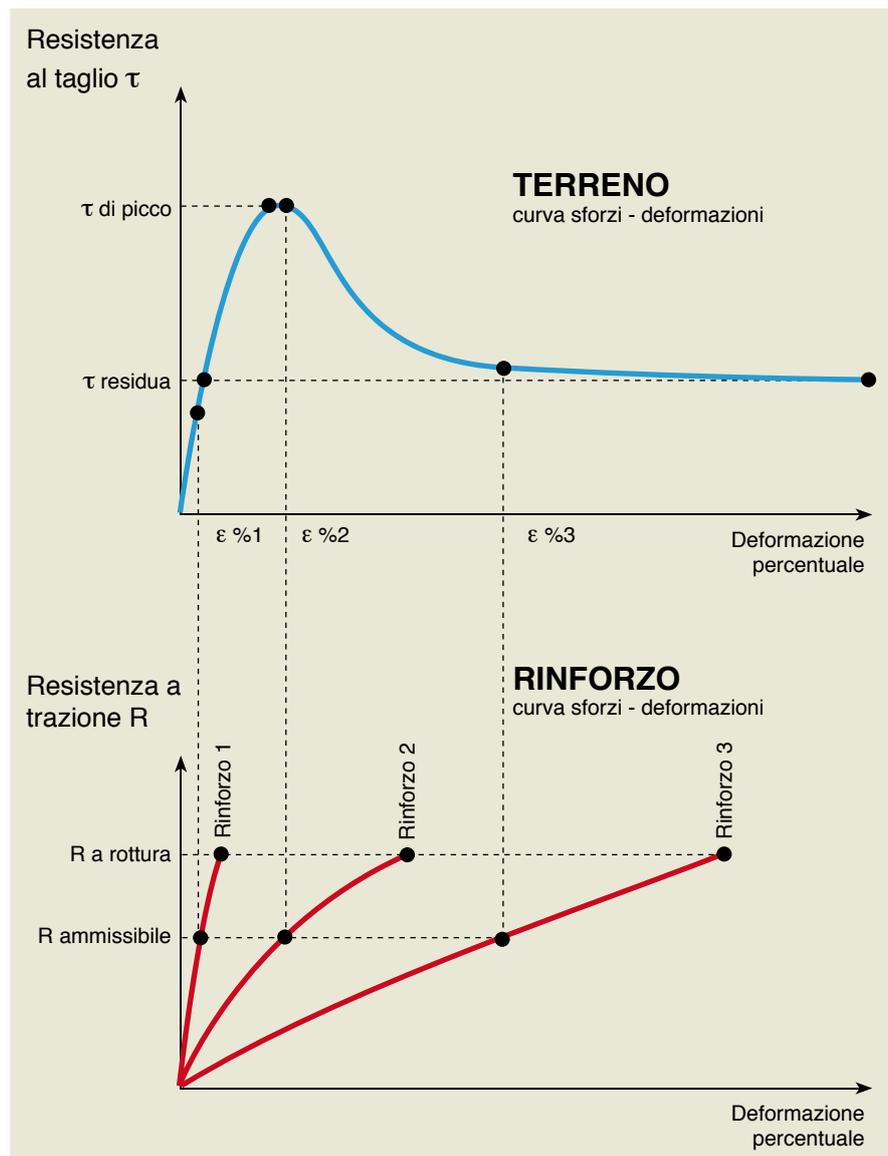


Fig. 6: Compatibilità deformativa terreno/rinforzo

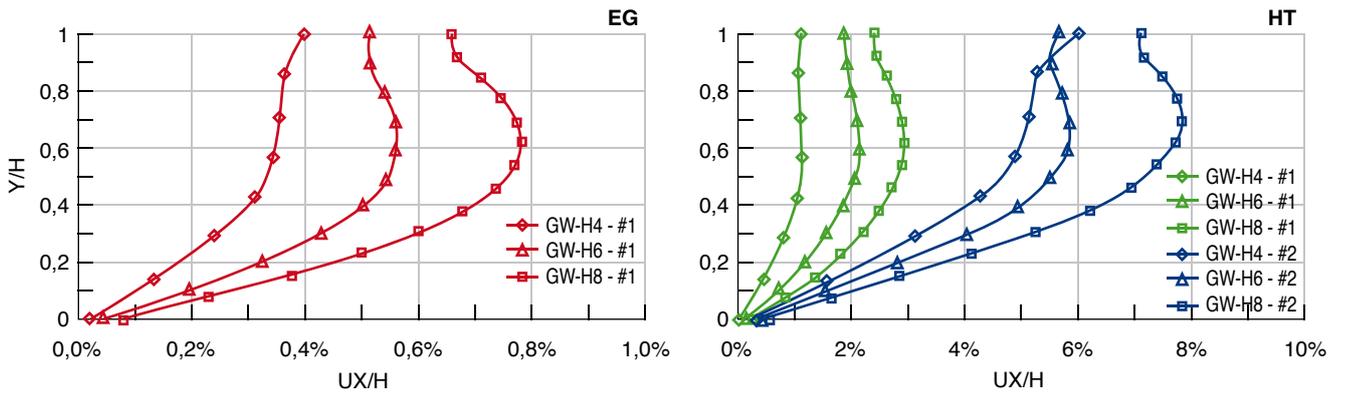
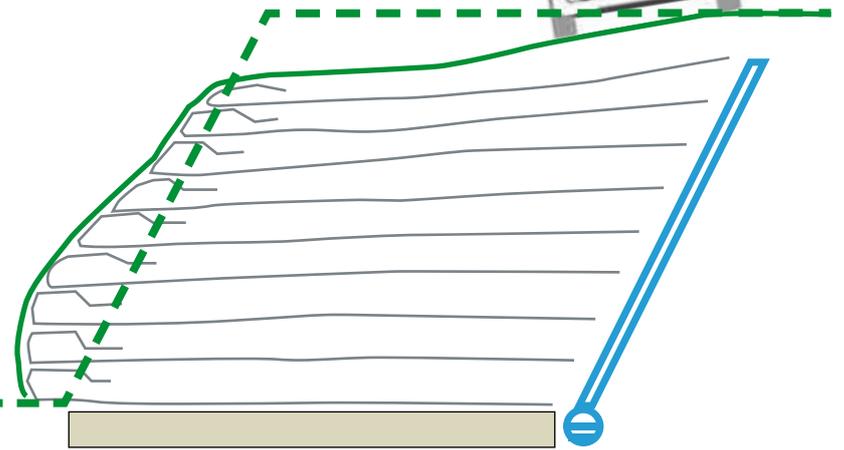


Fig. 7: deformazioni orizzontali per una terra rinforzata; a sinistra con una geogriglia tipo **Enkagrid® PRO** (EG) a bassa deformazione ed a destra con una geogriglia in PET di pari resistenza a trazione ma con deformazione a rottura superiore al 12 % (HT).

La conoscenza della deformazione del rinforzo sia a breve che a lungo termine consente di valutare quali potranno essere gli effetti sull'opera in terra rinforzata. L'analisi è quindi fondamentale per poter dimensionare un'opera allo Stato Limite Ultimo (condizione di collasso della struttura) ed allo Stato Limite di Servizio (condizione di perdita di funzionalità).



DEFORMAZIONE ELEVATA
perdita dello stato di servizio



DEFORMAZIONE LIMITATA
mantenimento dello stato di servizio

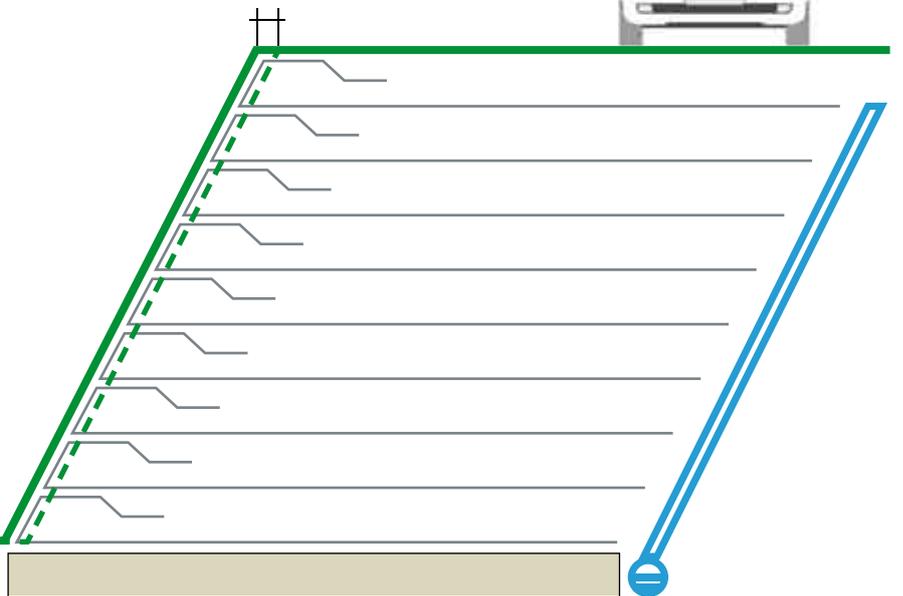


Fig.8: verifica allo Stato Limite di Servizio (SLS) per due geogriglie a diversa deformazione

I Sistemi Antierosione e la Vegetazione

Nella progettazione e realizzazione di una terra rinforzata non si deve dimenticare che spesso uno degli scopi principali è quello di poter realizzare un'opera vegetata, rientrando tra le tecniche di ingegneria naturalistica. Per tale aspetto è preferibile affidarsi a tecnici del settore (botanici, agronomi, forestali o altri) in grado di individuare in base alle caratteristiche del sito (quota, esposizione solare, clima, vegetazione autoctona) le specie da utilizzare (semi e piante) ed il periodo più adatto per l'intervento. Per proteggere il paramento frontale dall'azione erosiva degli agenti atmosferici è buona prassi costruttiva prevedere un elemento antierosivo. Si consiglia inoltre di associare un'ideale semina sul fronte da eseguirsi mediante idrosemina oppure a spaglio.

Nei casi in cui si preveda una copertura vegetazionale del fronte, si propone l'utilizzo della geostuoia in poliammide **Enkamat**[®]. Ricerche eseguite su lavori realizzati più di 23 anni fa, hanno evidenziato come rispetto alle geostuoie in polipropilene sensibili alle oscillazioni termiche stagionali ed al fuoco, la geostuoia **Enkamat**[®] grazie all'utilizzo della poliammide PA6 ed al processo produttivo, mantenga nel tempo la sua funzione antierosiva anche in condizioni climatiche critiche e sotto l'azione di incendi di sterpaglia.

Qualora le condizioni meteo-climatiche, l'esposizione solare, le pendenze del fronte e la tipologia delle specie adottate consentano una buona e rapida copertura vegetazionale, l'elemento antierosivo potrà essere di tipo biodegradabile come ad esempio la biorete **Geojuta**[®] o stuoie vegetali tipo **Strawmat**[®].

Il Drenaggio

La progettazione di una terra rinforzata richiede una corretta valutazione sull'eventuale utilizzo di un sistema drenante a tergo. Tralasciando gli aspetti fondazionali, l'utilizzo di terreni altamente drenanti o la previsione di assenza di acqua nel corpo rinforzato (ad esempio nel caso dei rilevati a doppia faccia), non richiede generalmente la realizzazione di un sistema drenante. Quando non ci troviamo nelle condizioni descritte, è buona norma prevedere a tergo dell'opera un sistema drenante realizzabile mediante la posa del geocomposito drenante **Enkadrain**[®] associato al tubo microfessurato **Greendrain**. Il modello di **Enkadrain**[®] e di **Greendrain** vengono scelti in base alle caratteristiche geomeccaniche e di permeabilità dei terreni ed alle geometrie dell'opera.



Enkamat[®]



Strawmat[®]



Geojuta[®]



Enkadrain[®]



Greendrain

Qualche informazione in più

Pendenze e vegetazione

Il paramento di una terra rinforzata può essere realizzato con qualsiasi pendenza sino alla verticalità (90°). Per favorire però la crescita della coltre vegetazionale sul fronte, si consiglia di non superare i 60-65° al fine di consentire alla pioggia di bagnare adeguatamente la scarpata. Tale indicazione dev'essere valutata in base alle condizioni meteo-climatiche del sito.

Geometrie e curve

Le terre rinforzate possono essere realizzate con geometrie molte diverse. L'estrema adattabilità di questa tecnica consente infatti di realizzare forme curvilinee a spezzate o angoli marcati secondo le esigenze tecniche e paesaggistiche richieste.

Sfridi e sormonti

Poiché sul mercato le geogriglie vengono fornite in rotoli di larghezza generalmente compresa tra 1 e 5m, la posa del rinforzo richiede un sormonto con il successivo mediamente di 25-35 cm. Tale accortezza è finalizzata a garantire la continuità laterale dei rinforzi anche nel caso di cedimenti differenziali o movimenti inattesi nella struttura. Rispetto altre geogriglia di larghezza inferiore, l'utilizzo dell' **Enkagrid® PRO** fornito in rotoli di larghezza 5 m, consente di ridurre i tempi di posa ed i costi dovuti ai sormonti.

Resistenza al fuoco

Il potenziale rischio di danneggiamento delle terre rinforzate può essere analizzato separatamente tra la parte strutturale (stabilità del corpo terra rinforzata) e la parte non strutturale del paramento frontale. La stabilità strutturale del rilevato, costituita dai rinforzi presenti all'interno del corpo rinforzato, viene mantenuta anche in caso di incendi estesi in quanto, in assenza di ossigeno all'interno del terreno, la fiamma non può propagarsi. Nella zona frontale, la quale non determina la stabilità del corpo rilevato, l'utilizzo della geostuoia **Enkamat®** realizzata in materiale autoestinguento (PA6) e l'uso dell'eventuale cassero metallico garantiscono la stabilità del fronte in attesa della ricrescita della coltre vegetazionale.

Resistenza dei giunti

Per il calcolo della tensione ammissibile alcune geogriglie di rinforzo presenti sul mercato riportano il valore della resistenza dei giunti. La presenza di tale valore tra le caratteristiche tecniche di questi materiali è legata alla loro specifica struttura che per modalità costruttiva presenta nei giunti un punto di debolezza sulla resistenza a trazione. Nei normali rinforzi, ove l'elemento è continuo ed omogeneo come l'**Enkagrid® PRO** tale verifica non è prevista e non ha significato tecnico, così come del resto riportato nel certificato BBA per il loro dimensionamento.

Resistenza dei rinforzi trasversali

Per la realizzazione delle terre rinforzate, si utilizzano geogriglie monoassiali, cioè con un'unica direzione come elemento di rinforzo disposta ortogonalmente al fronte (bandella nera). La bandella trasversale (trasparente) ha la funzione sia di elemento distanziatore e sia di incrementare l'interazione rinforzo/terreno per i meccanismi di sfilamento e scivolamento. Per le scarpate in terra rinforzata risulta pertanto evidente che le caratteristiche di resistenza da richiedere riguardano esclusivamente la direzione del rinforzo, mentre nelle applicazioni bidirezionali (es. rinforzo delle pavimentazioni) le caratteristiche meccaniche devono essere fornite su entrambe le direzioni.

Le Fasi Realizzative

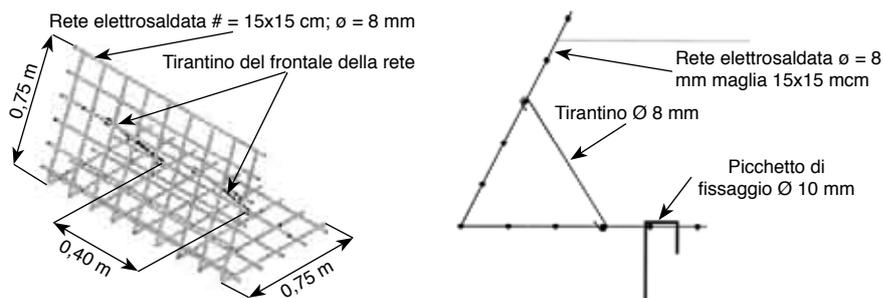
La realizzazione di una terra rinforzata può essere semplificata nelle seguenti fasi:

- regolarizzazione del terreno in sito e preparazione del piano di posa;
- posa del sistema drenante;
- realizzazione della terra rinforzata;
- realizzazione delle opere a verde.

La realizzazione di un idoneo piano di posa, stabile e sub-orizzontale, costituisce la base per una corretta realizzazione. Per la fase di regolarizzazione del terreno, eseguibile mediante le usuali macchine movimento terra, sarà opportuno valutare l'idoneità del terreno di fondazione prevedendo eventuali opere di drenaggio o di bonifica (ad esempio realizzando uno strato in ghiaia avvolto con idoneo geotessile). Si dovrà inoltre verificare che la scarpata provvisoria a tergo si mantenga stabile per il tempo di realizzazione della terra rinforzata (tempo di autosostentamento). Qualora le caratteristiche meccaniche del terreno non dessero sufficienti garanzie si potrà procedere mediante scavo a conci, eseguendo una nuova riprofilatura o con interventi di stabilizzazione provvisoria.

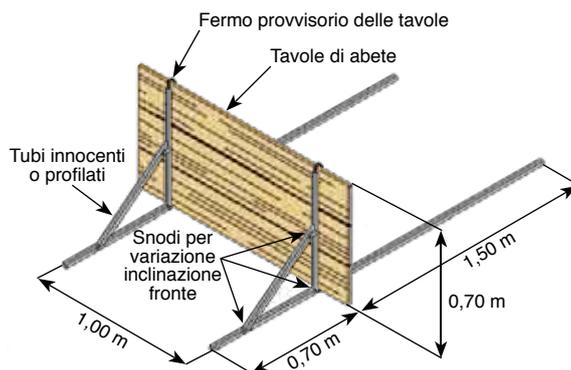
Definito il fronte del terreno a tergo, su questo potrà essere posato il sistema drenante **Enkadrain®**, ed il tubo collettore alla base **Greendrain**. Si passa quindi alla realizzazione dei singoli strati rinforzati, generalmente con spessori variabili tra 50 e 70 cm. Poiché generalmente il fronte della terra rinforzata ha una pendenza superiore a quella di natural declivio del terreno, si rende necessaria la posa di un cassero per contenere il terreno durante la compattazione. Per la realizzazione del cassero la **seic geotecnica** propone due soluzioni alternative:

cassero a perdere: cassero realizzato in rete elettrosaldata e mantenuto nella struttura della terra rinforzata;



p.s.: schema tipo per singolo strato di spessore 60 cm inclinato 63,43° rispetto all'orizzontale. Le dimensioni sono indicative e possono variare in base allo spessore dei singoli strati.

cassero removibile: cassero utilizzato per la realizzazione dello strato e successivamente sfilato ed utilizzato per gli strati sovrastanti.



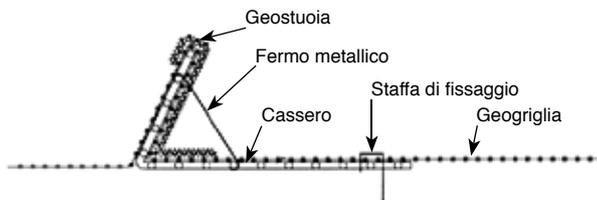
p.s.: le dimensioni sono indicative e possono variare in base allo spessore dei singoli strati.

Le due modalità operative possono essere riassunte negli schemi a seguire.

Schema per la realizzazione di una terra rinforzata con cassero a perdere

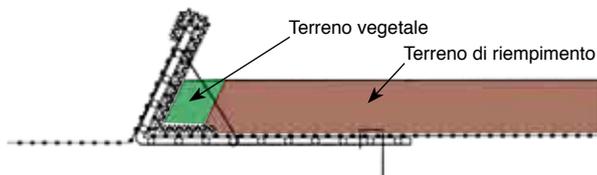
Passo 1

posizionamento dei casseri, della geogriglia e della geostuoia



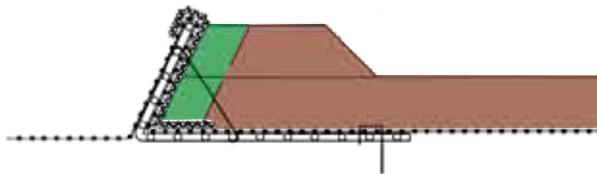
Passo 2

compattazione del primo livello di riporto (spessore = 25 ÷ 30 cm)



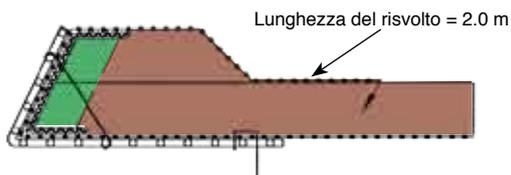
Passo 3

riempimento del materiale fino al completamento dello strato



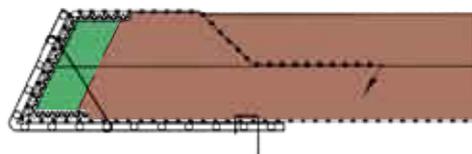
Passo 4

risvolto della geostuoia e della geogriglia



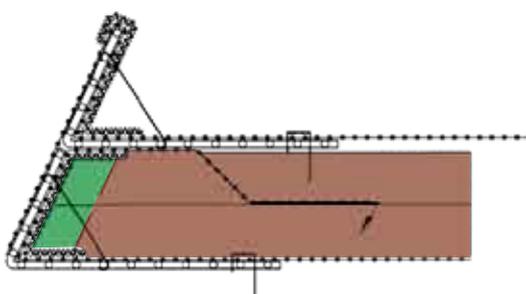
Passo 5

riempimento finale e completamento del primo strato



Passo 6

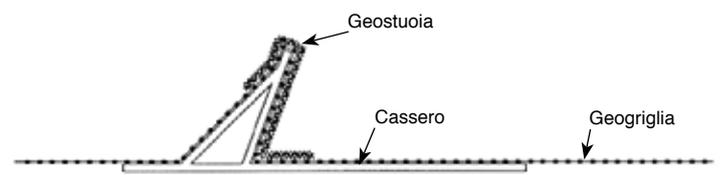
posizionamento in sommità e prosecuzione del ciclo



Schema per la realizzazione di una terra rinforzata con cassero rimovibile

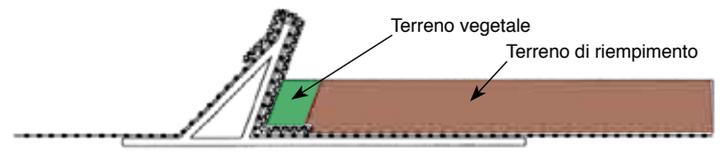
Passo 1

posizionamento dei casseri, della geogriglia e della geostuoia



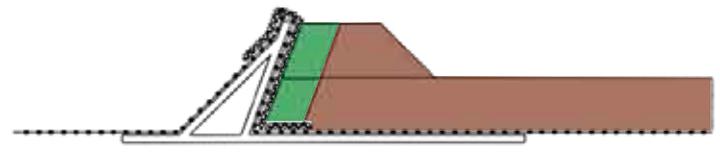
Passo 2

compattazione del primo livello di riporto (spessore = 25 ÷ 30 cm)



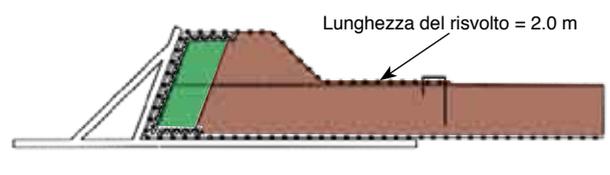
Passo 3

riempimento del materiale fino al completamento dello strato



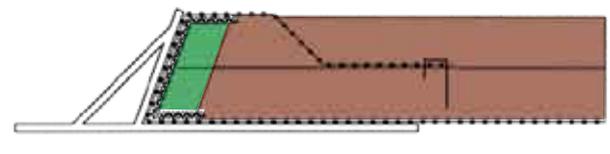
Passo 4

risvolto della geostuoia e della geogriglia



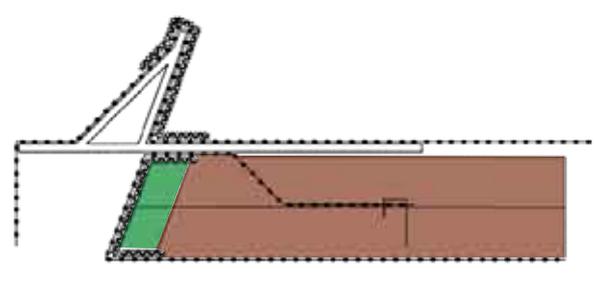
Passo 5

riempimento finale e completamento del primo strato



Passo 6

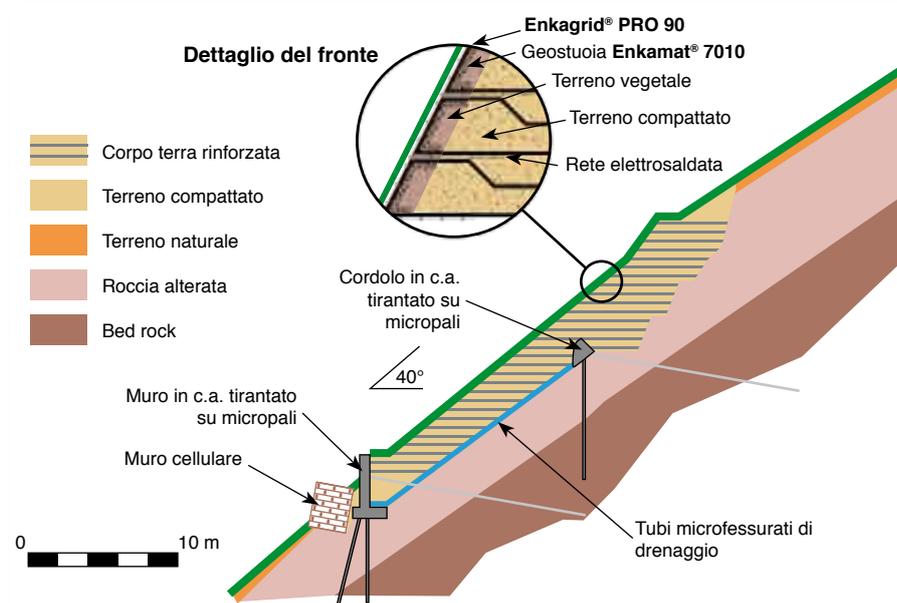
sfilamento del cassero, posizionamento in sommità e prosecuzione del ciclo



Gli Strumenti

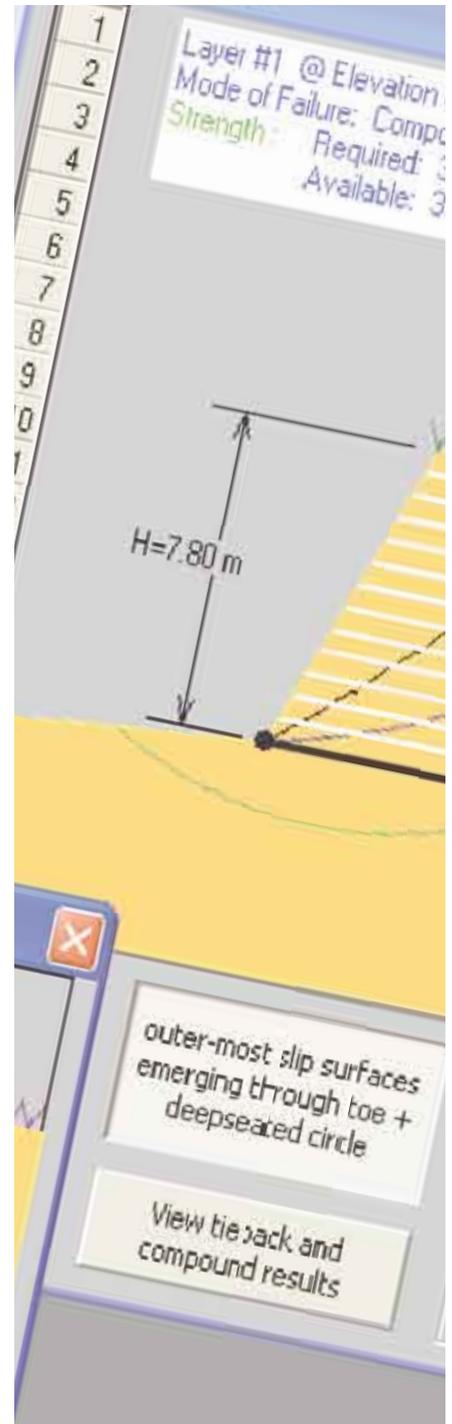
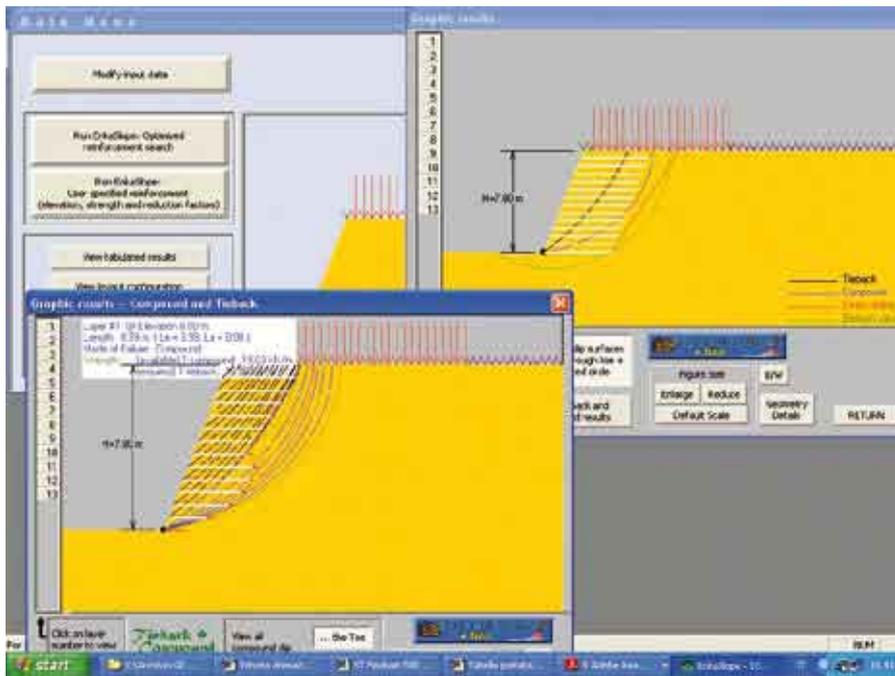
L'Assistenza Tecnica

Lo Staff Tecnico della **divisione seic geotecnica** è costituito da Ingegneri e Geologi qualificati nelle problematiche relative alla progettazione e realizzazione delle Terre Rinforzate e nell'utilizzo dei geosintetici in campo geotecnico. La nostra esperienza pluridecennale nell'affrontare situazioni anche complesse e l'utilizzo di strumenti all'avanguardia è a Vostra completa disposizione per assisterVi nelle fasi progettuali ed accompagnarVi sino alla realizzazione.



Software

Per il dimensionamento delle opere in terra rinforzata tradizionali la **divisione seic geotecnica** utilizza usualmente il programma di calcolo **Enkaslope**, realizzato dal Prof. Dov Leshchinsky dell'Università del Delaware su incarico della **COLBOND** per l'utilizzo specifico della geogriglia **Enkagrid® PRO**. Il programma segue i principi di dimensionamento previsti nella guida *"Design Procedure for Geosynthetics Steep Slopes"* realizzato per conto dell'US Army Corps of Engineers.



Il software è a Vostra disposizione così come la nostra assistenza per la comprensione del suo utilizzo. La **divisione seic geotecnica** organizza inoltre a richiesta su tutto il territorio nazionale dei Corsi di Progettazione delle Opere in Terra Rinforzata per Enti, Progettisti ed Imprese.

Ricerca e Sviluppo

La continua evoluzione della conoscenza del comportamento dei geosintetici nel terreno e lo sviluppo di nuove applicazioni sono alla base di un servizio di elevata qualità. Credendo fermamente in questo principio, la **COLBOND** e la **HARPO spa** destinano una parte dei loro profitti alla Ricerca e Sviluppo al fine di fornire al Cliente finale un Prodotto di elevata qualità e prestazione. I risultati delle nostre ricerche vengono poi pubblicati e presentati nei principali convegni nazionali ed internazionali del settore.

Affidabilità ed Esperienza

I Test di Laboratorio

L'elevato standard qualitativo dell'**Enkagrid® PRO** viene garantito da un continuo controllo sulle geogriglie prodotte dalla **COLBOND**, azienda leader a livello mondiale nel settore dei geosintetici. I test vengono eseguiti sia nei Laboratori di Ricerca COLBOND situati presso lo stabilimento di Arnhem (Olanda) sia nei Laboratori di Ricerca Indipendenti fra i quali il tBU (Germania), il L.I.R.I.G.M. (Francia) e il TRI (Stati Uniti).

Esempio di prova a trazione presso i laboratori COLBOND in Arnhem



Test sullo Scivolamento Diretto dell'**Enkagrid® PRO** presso i laboratori tBU



Test di sfilamento dell'**Enkagrid® PRO** presso i laboratori tBU



Le Certificazioni

Per garantire al Progettista ed all'Impresa la massima affidabilità tecnica delle geogriglie COLBOND, l'**Enkagrid® PRO** è dotato di una serie di certificazioni riconosciute a livello europeo e mondiale.



Servizio d'informazione

La commercializzazione di prodotti è solo una delle componenti del servizio che la **divisione seic geotecnica** della **Harpo spa** fornisce, infatti possiamo provvedere all'assistenza tecnica in ogni fase del progetto per permettere ai nostri clienti di essere in grado di far il miglior uso dei materiali impiegati. Sono disponibili pubblicazioni, manuali, documentazione tecnica, guide per la posa dei materiali e depliant in modo da fornire un supporto completo alla progettazione e realizzazione dei lavori.

Assistenza tecnica alla progettazione

Il nostro ufficio tecnico è a disposizione della clientela per una corretta scelta dei materiali e per l'assistenza in fase di progettazione.

Rete di agenzie

La **divisione seic geotecnica** della **Harpo spa** è presente in tutto il territorio nazionale con una capillare rete di agenzie a Vostra disposizione per ogni richiesta.

COLBOND



Colbond
produttrice dei materiali
Enkagrid®, **Enkamat®**, **Enkadrain®**, **Colbondrain®**
Organizzazione con sistema di gestione certificato
Norma UNI EN ISO 9001:2008



Organizzazione con sistema di gestione per la qualità
certificato UNI EN ISO 9001:2008 - Certificato N. IT03/0851