

## GEOSTUOIE ANTIEROSIVE TENAX MULTIMAT 100 E PROMAT 75

### 1. Le Geostuoie

Le geostuoie antierosive sono prodotti sintetici appositamente studiati per la protezione e l'inerbimento di pendii soggetti a dilavamento superficiale attraverso due principali meccanismi di controllo dell'erosione:

- il confinamento ed il rinforzo del terreno superficiale;
- la protezione dall'impatto delle gocce di pioggia.

Le caratteristiche tecniche delle geostuoie TENAX Multimatt 100 e Promat 75 sono elencate nelle schede tecniche in Allegato A.

Le geostuoie TENAX Multimatt (vedi fig. 1) sono prodotti tridimensionali aventi spessore nominale di circa 20 mm, costituiti dalla sovrapposizione di più griglie in polipropilene (additivato con nerofumo) estruse e successivamente stirate nella direzione trasversale e longitudinale: il processo di bi-orientamento molecolare consente di aumentare considerevolmente le caratteristiche meccaniche del polimero di base, ottenendo resistenze a trazione molto elevate; ciò ne consente l'utilizzo sicuro anche su pendii lunghi e notevolmente inclinati.

La "cucitura" degli strati di griglie è realizzata meccanicamente in fabbrica mediante l'impiego di un filo in polipropilene (PP) di colore nero. Non trascurabile è anche la buona resistenza a schiacciamento che il materassino offre per via della fitta pieghettatura dello strato interno, che limita la deformabilità durante il riempimento della struttura stessa con il terriccio vegetale. La scelta di utilizzare come polimero il PP è giustificata dalla sua totale inerzia agli inquinanti atmosferici ( $\text{NO}_2$  ed  $\text{SO}_2$ ), ed al suo basso assorbimento d'acqua (con conseguenti ridotte possibilità di idrolizzazione ed infragilimento). Le geostuoie Tenax Multimatt 100 sono considerate come TRM (Turf Reinforcement Mat), secondo la terminologia approvata dall'International Erosion Control Association (IECA): perciò esse vanno posizionate sul pendio da inerbire ed intasate con terreno. In tal modo le geostuoie proteggono lo strato superficiale del terreno, i semi ed i germogli dall'eventuale azione trascinatrice dell'acqua, sia piovana che di ruscellamento; inoltre consentono "l'ancoraggio" delle radici delle essenze erbacee ed arbustive seminate, in modo tale da formare con esse un blocco unico ancor più resistente all'azione dell'acqua e della forza di gravità. In questo modo l'apparato radicale ha modo di crescere e di svilupparsi compatto, contribuendo quindi alla stabilità superficiale del pendio.

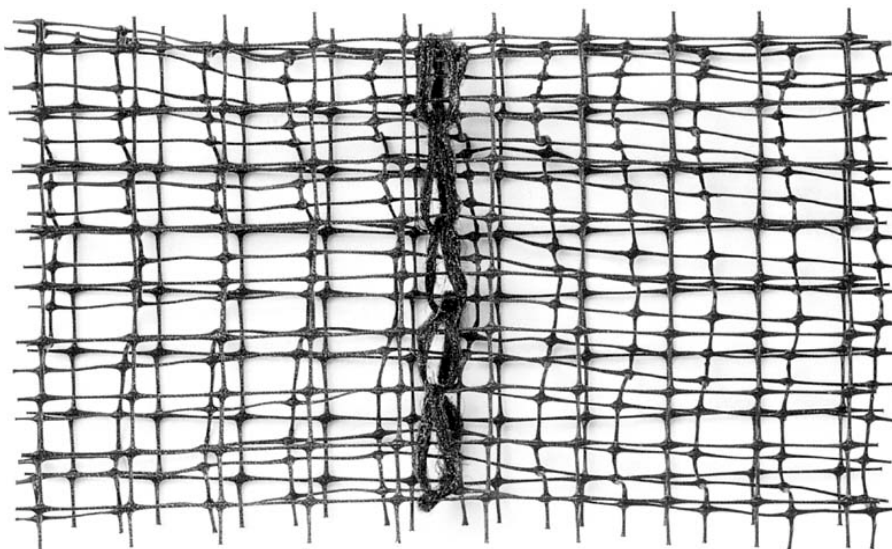


Fig. 1: le geostuoie Tenax Multimatt 100

Le geostuoie Tenax Promat 75 (vedi fig. 2) sono invece prodotti bidimensionali, costituiti dalla sovrapposizione di più strati di griglie biorientate in polipropilene: una griglia a maglia più larga, e molto resistente a trazione, viene accoppiata per cucitura a griglie a maglia più fine. In tal modo si ottiene una

geostuoia resistente, flessibile, di minimo ingombro, capace di proteggere il terreno contro lo “splash” delle gocce di pioggia e di evitarne il dilavamento a opera del ruscellamento superficiale.

Le geostuoie TENAX Promat 75 sono considerate come ECRM (Erosion Control Revegetation Mat) secondo la terminologia IECA: esse vanno cioè stese sul terreno già preparato e seminato e fissate in aderenza al terreno stesso. In alternativa si può eseguire l'idrosemina, anche dopo aver steso le geostuoie. È comunque consigliabile seminare o idroseminare il terreno prima della stesa delle geostuoie Tenax Promat 75, in quanto, non avendo queste spessore, risulta più sicura la crescita della vegetazione da sotto la stuoia.

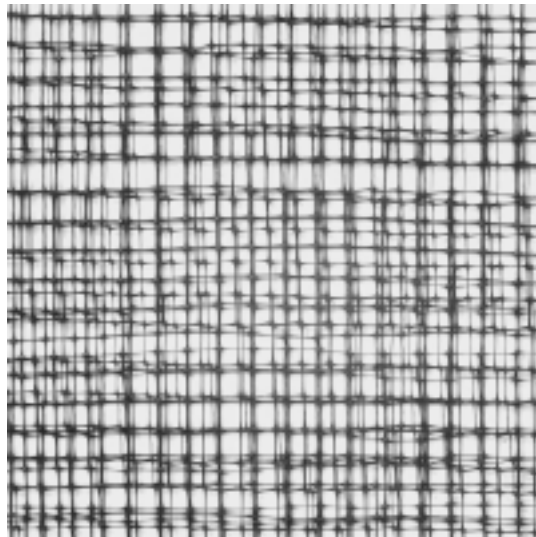


Fig. 2: le geostuoie Tenax Promat 75

## 2. MECCANISMO DELL'EROSIONE DOVUTA A PIOGGIA

Quando, durante i lavori di realizzazione o sistemazione di scarpate naturali e/o artificiali, viene eliminato o viene a mancare temporaneamente il rivestimento vegetativo, il terreno risulta al massimo della sua vulnerabilità nei confronti dell'azione erosiva degli agenti atmosferici (principalmente della pioggia). In tali condizioni, l'obiettivo è sviluppare nel minor tempo possibile un ecosistema che permetta la ricostruzione della vegetazione naturale oppure, in alternativa, che garantisca un idoneo tipo di protezione superficiale contro l'erosione.

L'azione erosiva della pioggia si esplica principalmente tramite due meccanismi:

- distacco e trasporto del terreno causati dall'impatto delle gocce sul terreno stesso;
- distacco e trasporto delle particelle dovuti al ruscellamento superficiale.

Nell'urto delle gocce di pioggia sul suolo, le particelle di terreno colpite acquistano energia cinetica e si spostano dal punto di impatto; viene modificata in questo modo la geometria del sottofondo, con la formazione di piccoli avvallamenti e crateri che aumentano la rugosità della superficie. Il distacco dovuto alla pioggia è la più importante causa di erosione prima dell'inizio del ruscellamento, a sua volta causa di ulteriore distacco di particelle ma soprattutto del loro trascinarsi a valle.

L'entità dell'erosione dipende da numerosi fattori quali l'intensità della pioggia e la sua durata, la geometria del pendio, la natura del terreno, l'esposizione della superficie agli agenti atmosferici, il tipo di rivestimento vegetale.

Il ruolo svolto dalla copertura vegetale nella protezione del suolo dall'erosione è evidentemente decisivo: la vegetazione influisce in particolar modo sullo scambio d'acqua tra suolo ed atmosfera, sul consolidamento ed il rinforzo dello strato superficiale di terreno e sulla protezione del terreno dall'impatto delle gocce. La vegetazione inoltre riduce il fenomeno del ruscellamento dell'acqua sul terreno, diminuendo così la capacità di trasporto solido. Possiamo quindi dire che un sistema di controllo dell'erosione raggiunge la sua massima efficienza solo nel momento in cui è vegetato.

## 3. Efficacia delle geostuoie Tenax Multimat e Promat

Presso i laboratori TENAX di Viganò (Lecco), è stata predisposta una apposita attrezzatura in grado di valutare l'efficacia delle geostuoie in funzione antierosiva.

La scelta di operare attraverso prove di laboratorio è dettata dal fatto che queste, a differenza di quelle effettuate "in sito", consentono un miglior controllo dei parametri che intervengono nel fenomeno. È stato infatti possibile in questo modo riprodurre e misurare:

- l'intensità e la frequenza delle piogge;
- la dimensione e la velocità di impatto delle gocce;
- le caratteristiche del terreno (dimensione dei granuli, curva granulometrica, contenuto di argilla e densità);
- la pendenza e lunghezza del pendio;
- il tipo di copertura del terreno (nudo, coperto da vegetazione, protetto da geosintetici), ecc.

Gli istogrammi riportati in Fig. 3 e Fig. 4 danno un'idea dei vantaggi conseguibili con l'utilizzo di geostuoie Tenax Multimat: sia in caso di pioggia intensa che di ruscellamento superficiale, le geostuoie Tenax Multimat sono in grado di ridurre la quantità di terreno eroso a meno del 40%, rispetto al caso di terreno non protetto. Anche la velocità superficiale di scorrimento dell'acqua viene ridotta a circa la metà, come mostrato in fig. 5.

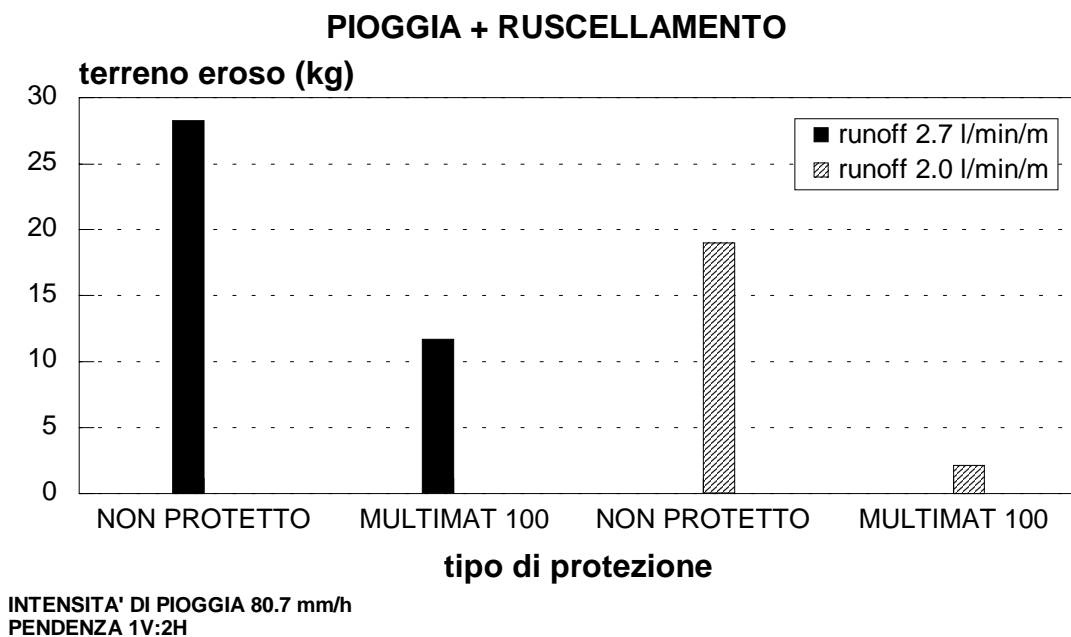
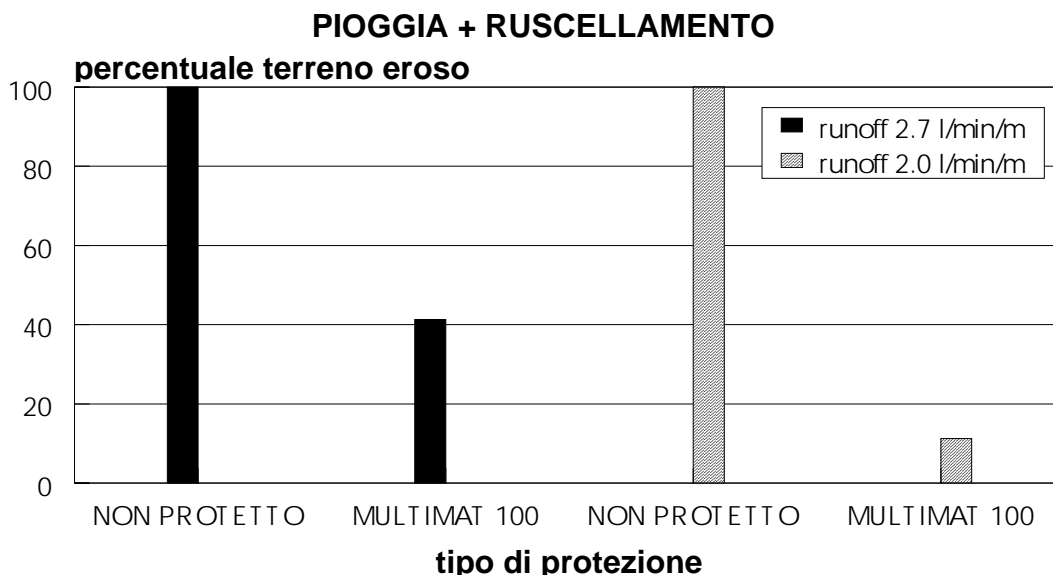
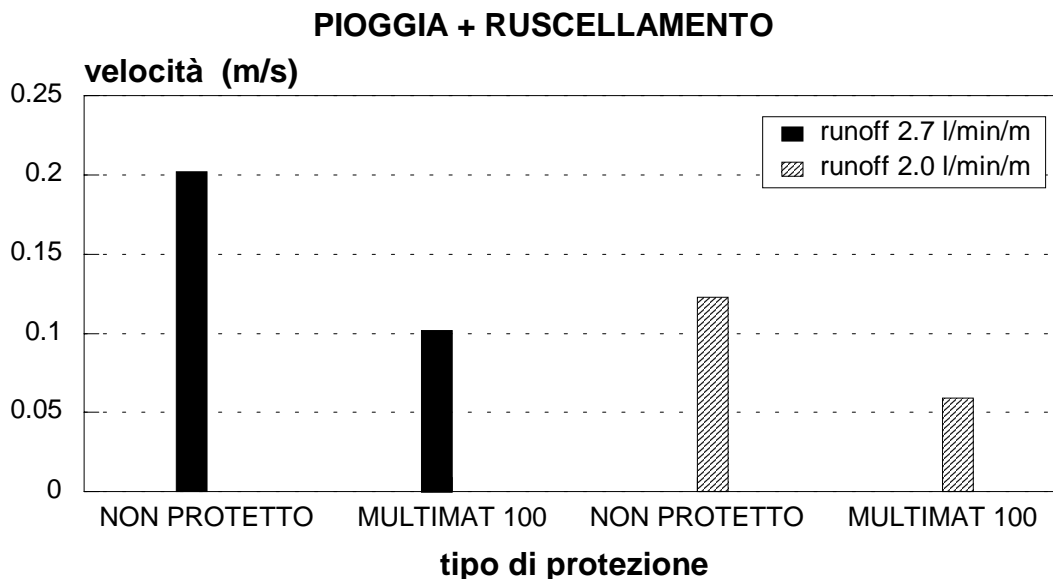


fig. 3: peso del terreno eroso (con e senza geostuoia Tenax Multimat 100).



INTENSITA' DI PIOGGIA 80.7 mm/h  
PENDEZZA 1V:2H

fig. 4: rapporto in percentuale tra i pesi di terreno eroso (con e senza geostuoia Tenax Multimat 100).



INTENSITA' DI PIOGGIA 80.7 mm/h  
PENDEZZA 1V:2H

fig. 5: velocità di flusso (con e senza rinforzo).

Ma il maggior vantaggio delle geostuoie Tenax Multimat e Tenax Promat risiede nel cambiamento del meccanismo dell'erosione.

Per un pendio non protetto l'erosione avviene dapprima per scorrimento dell'acqua in strato laminare: si ha perciò un'erosione diffusa, di bassa intensità in quanto la velocità dell'acqua è ridotta e di conseguenza è ridotta anche la sua forza erosiva.

Ma ben presto l'acqua trova vie preferenziali e comincia a scorrere in modo canalizzato, in piccoli rigagnoli, aumentando localmente la propria velocità. Aumentando quindi l'erosività, l'acqua sempre scava più velocemente dei solchi, nei quali la velocità dell'acqua aumenta ulteriormente. Si ha perciò

l'erosione canalizzata, che presto degenera quando l'acqua, erodendo sempre più velocemente, scava solchi profondi e calanchi. A questo stadio il pendio non è più recuperabile e la vegetazione non riesce più a crescere. Occorrerà riprofilare il terreno e riseminarlo per ottenere l'inerbimento.

Le geostuoie Tenax Multimat e Promat, invece, consentono solo una ridotta erosione uniforme, mentre prevengono completamente l'erosione canalizzata. In tal modo, al termine della pioggia e del ruscellamento, i semi sono ancora in grado di germogliare e il pendio può inerbirsi velocemente. Man mano che la vegetazione cresce, essa aggrapperà le sue radici alla geostuoia, che conferirà così all'apparato radicale un'elevatissima resistenza a sforzi di trazione e di taglio. La vegetazione sarà allora in grado di resistere a eventi meteorici molto intensi e a sopportare le forze di trascinamento anche del ruscellamento più intenso. E' questa una prerogativa delle geostuoie Tenax Promat e Multimat, grazie alla loro elevata resistenza a trazione a basso allungamento.

Geostuoie con minori resistenze a trazione a elevata deformazione, non possono assolutamente garantire lo stesso rinforzo dell'apparato radicale.

Prodotto	Promat 75		Multimat 100	
	MD	TD	MD	TD
Max. Resistenza a trazione (kN/m)	4.5	4.5	10.0	20.0
Allungamento al picco (%)	15	10	40	25

Tab. 1: confronto tra differenti tipi di geostuoie

Tale differenza è ancora più marcata quando le geostuoie vengono utilizzate per proteggere le sponde di canali inerbiti.

#### 4. Prove di laboratorio per verificare l'azione di protezione dall'erosione per flusso in un canale.

Tra i mesi di Aprile e Agosto 1997 sono state eseguite quattro serie di prove di flusso ad alta velocità su una canaletta in legno presso lo Utah Water Research Laboratory.

Tali prove erano finalizzate a descrivere il comportamento di geostuoie TENAX Multimat 100 per il controllo dell'erosione; più in particolare sono state condotte due serie di prove su geostuoie non inerbite e due serie di prove su geostuoie inerbite.

La canaletta, di sezione 4' x 4' (circa 1.20 x 1.20 m), era lunga 64' (circa 21 m), benché sia stata strumentata soltanto per 48' (circa 32m); infatti i primi 16' (circa 5 m) sono stati considerati soggetti a disturbo (sezioni di approccio).

Sul fondo della canaletta è stata deposta una coltre di 18" (approssimativamente 45 cm) di sabbia (59%) con limo (26%) e argilla (15%): tale copertura è stata posta in opera per strati compattati fino a circa il 90% dell'ottimo di Proctor.

Al di sopra della copertura di terreno è stato steso uno strato di geostuoia ancorata lateralmente mediante picchetti metallici. All'estremità di monte tale geostuoia è stata anche risvoltata per limitare gli effetti di sottoescavazione che avrebbero potuto inficiare i risultati delle prove.

Sempre allo scopo di limitare il disturbo della sezione di ingresso e degli effetti di bordo, sono stati utilizzati dei fogli di geotessile nontessuto.

Avendo quindi sostanzialmente eliminato tali effetti, si è potuto garantire che qualunque rottura dei materiali fosse imputabile all'azione erosiva del flusso.

Sono stati quindi predisposti diversi apparati per la misurazione della distribuzione delle velocità e dei livelli piezometrici mediante Global Flow Probe e, per le portate maggiori, mediante tubo di Pitot.

Si è inoltre provveduto alla misurazione delle profondità di erosione (un punto di misura ogni 1' (2.54 cm) in direzione trasversale e un punto di misura ogni 5' (12.7 cm) in direzione longitudinale su tutti i 48' di lunghezza della canaletta).

Le procedure fissate per le prove prevedevano 5 classi di portate successivamente crescenti da 2 a 18 piedi/secondo, cioè da 0.7 a 6.00 m/sec circa, della durata di 30 minuti ciascuna, più una prova a 14 piedi/secondo (4.6 m/sec) di lunga durata.

Per quanto riguarda le geostuoie non inerbite, la prima serie di prove di lunga durata ha completato le 50 ore previste senza che si sia verificata rottura del materiale (benché si sia avuta significativa

erosione di fondo); al contrario durante la seconda serie la prova di lunga durata è stata interrotta dopo 40 ore a causa di un eccessivo livello di erosione (quasi 50 cm).

In entrambi i casi però tale fenomeno erosivo ha interessato soltanto i primi 10 piedi (sui 48 totali) evidenziando quindi un marcato disturbo dovuto alla sezione di ingresso della canaletta. Va' infatti rilevato che per il restante 80% della lunghezza della canaletta il profilo dell'erosione di fondo ha mantenuto un andamento costante e sensibilmente minore (25÷30%) del valore massimo.

Nel caso delle geostuoie inerbite l'andamento qualitativo del profilo di erosione ha mostrato il medesimo effetto di disturbo (cioè erosione concentrata nei primi 10'÷15'); dal punto di vista quantitativo, invece, la differenza è stata evidente, tanto che, con esclusione della parte iniziale, non si è praticamente avuta erosione di fondo.

Per tutte le restanti prove a breve durata (30 minuti) si sono registrati profili di erosione di fondo estremamente modesti, ai limiti della misurabilità.

Per ognuna delle prove eseguite è stato poi possibile, mediante l'applicazione delle equazioni della Conservazione dell'Energia e delle equazioni di Manning per il moto non uniforme, calcolare la sollecitazione tagliente applicata al fondo per effetto del trascinamento dell'acqua; il coefficiente di scabrezza di Manning ricavato è pari a  $0.036 \text{ s/m}^{1/3}$  nel caso di pareti non vegetate, 0.038 con pareti inerbite. La massima sollecitazione tagliente ammissibile è pari ad oltre 0.50 kPa.

I risultati sopra citati sono dovuti essenzialmente a due fattori:

- l'elevata resistenza a trazione delle geostuoie Tenax Multimat, in grado di sopportare le elevatissime forze di trascinamento prodotte da un flusso d'acqua alla velocità di 4.6 m/sec;
- il "coperchio" offerto dalla griglia superiore delle geostuoie Tenax Multimat al terreno in esse intasato, che rende più difficile il trascinamento dei granuli di terreno ad opera dell'acqua.

Quasi tutte le altre geostuoie presenti attualmente sul mercato hanno due grandi svantaggi in tal senso:

- hanno bassissima resistenza a trazione, perciò possono sopportare solo flussi d'acqua a velocità molto minore di 4.6 m/sec;
- hanno la superficie superiore ondulata, senza "coperchio": perciò l'acqua può erodere e trascinare tranquillamente i granuli di terreno posti nelle valli delle ondulazioni.

Sulla base dei risultati di queste prove e dell'esperienza pratica acquisita, si possono fissare per Tenax Multimat e Promat i dati idraulici riportati in Tab. 2. In essa sono indicati le prestazioni delle geostuoie sia in caso di eventi di breve intensità (breve periodo), che di notevole entità (lungo periodo, test condotti per oltre 45 ore).

Tab. 2. Dati idraulici per canali in sabbia limosa protetti con geostuoie Tenax Multimat e Promat

	MULTIMAT 100				PROMAT			
	non inerbito		inerbito		non inerbito		inerbito	
	breve termine	lungo termine	breve termine	lungo termine	breve termine	lungo termine	breve termine	lungo termine
Sforzo di taglio limite [kPa]	0.28	0.20	0.57	0.20	0.17	0.14	0.34	0.14
Scabrezza (Manning) [ $\text{s/m}^{1/3}$ ]	0.036	0.036	0.038	0.038	0.036	0.036	0.038	0.038
Scabrezza (Strickler) [ $\text{m}^{1/3}/\text{s}$ ]	27.8	27.8	26.3	26.3	27.8	27.8	26.3	26.3
Velocità limite [m/sec]	3.95	1.82	6.70	2.75	3.15	1.45	5.35	2.20

## **5. Altre caratteristiche delle geostuoie Tenax Multimat e Promat**

### **5.1 Tossicità**

Le geostuoie TENAX MULTIMAT e Promat sono realizzate con polimeri ed additivi elencati nell'allegato 2, sezione A della Direttiva Europea 90/128/CEE del 23/02/90, relativa alle sostanze plastiche autorizzate per la preparazione di oggetti destinati al contatto con alimenti. Sono costituite per il 99% da PP, per l'1% da additivo anti-UV. Inoltre esse sono completamente riciclabili (classe consigliata: materiali plastici tipo "PP"), non pregiudicano il riciclaggio di eventuali altri prodotti plastici e non sono stampati e non contengono inchiostri o vernici.

### **5.2 Resistenza a raggi UV**

Le geostuoie TENAX MULTIMAT e Promat sono prodotti in Polipropilene addizionato con Nerofumo (Carbon Black) in misura pari almeno al 1.00%. Tale additivo impedisce il decadimento delle caratteristiche della geostuoia per effetto dei raggi UV, prima che la stessa sia posizionata sul pendio ed interrata.

### **5.3 Attacco di roditori, microrganismi o batteri**

Le geostuoie TENAX MULTIMAT e Promat non sono soggette ad aggressione biologica da parte di microrganismi, e non sono appetibili ai roditori.

### **5.4 Resistenza chimica**

Le geostuoie TENAX MULTIMAT e Promat sono realizzate mediante accoppiamento meccanico di geogriglie estruse in Polipropilene; il Polipropilene è un materiale chimicamente inerte, ed è quindi resistente non solo alle sostanze chimiche presenti normalmente nel terreno, ma anche a sostanze che accidentalmente possano riversarsi sul pendio.

### **5.5 Temperatura di impiego**

Le geostuoie antierosive TENAX MULTIMAT e Promat non presentano particolari problemi per quanto riguarda la temperatura di impiego. Se è infatti vero che il polimero polipropilene semplicemente estruso si infragilisce a basse temperature, quando lo stesso viene sottoposto ad orientamento molecolare l'infragilimento diviene irrilevante rispetto all'incrudimento della geogriglia. Il materiale quindi aumenta le proprie caratteristiche meccaniche. Alla luce di queste osservazioni, si può affermare che le geostuoie TENAX MULTIMAT e Promat hanno una temperatura di impiego che è compresa tra -20°C e +100°C.

## **6. Efficacia pratica ed applicazioni**

Le geostuoie TENAX MULTIMAT sono state utilizzate, ad esempio, per la protezione antierosiva di pendii, rilevati e trincee stradali o ferroviarie, per l'inerbimento delle sponde di corsi d'acqua e di argini fluviali, per la stabilizzazione e l'inerbimento della copertura superficiale di discariche controllate.

Dai climi freddi del Nord Europa e Nord America, ai climi temperati del Sud Europa, ai climi aridi del Medio Oriente, ai climi tropicali ed equatoriali del Sud Est Asiatico, TENAX MULTIMAT ha dimostrato nella pratica di essere un prodotto efficacissimo per la protezione contro l'erosione da pioggia e ruscellamento. Ciò grazie alla sua particolare struttura, che consente di avere un prodotto leggerissimo e flessibile, ma con una notevole resistenza a trazione e contro lo schiacciamento, ideale per rinforzare in modo ottimale l'apparato radicale della vegetazione.

Le caratteristiche tecniche superiori e il vantaggioso supporto prestazioni/prezzo fanno di Tenax Multimat la scelta ottimale rispetto ad altre geostuoie sul mercato.

Le geostuoie Tenax Promat sono state introdotte recentemente, per affiancare un prodotto di tipo ECRM alle geostuoie Multimat, di tipo TRM.

Le geostuoie TENAX Promat hanno già dimostrato in pochi mesi la loro efficacia: sono state utilizzate in Europa, USA, Messico, Sud America, Hong Kong, Australia, Sud Est Asiatico. Il favorevolissimo rapporto prestazioni/prezzo ed il bassissimo costo di trasporto, comparato ad altre geostuoie, fanno di Tenax Promat la geostuoia ideale per una vastissima gamma di progetti.