



**TENAX**

GEOSYNTHETICS

**DISCARICHE  
E SITI CONTAMINATI**

**TENAX:  
LA GIUSTA  
SCELTA**



## COMPETENCE CENTER

L'esperienza acquisita nella progettazione con geosintetici permette al team di ingegneri qualificati del **Competence Center della divisione Geosintetici** di supportare Committenti (pubblici e privati), Progettisti ed Imprese con **studi di fattibilità e progetti esecutivi** occupandosi inoltre di:

- progettazione con geosintetici TENAX tramite software specifici, che consentono una maggiore flessibilità nella gestione dei criteri progettuali al fine di soddisfare specifiche necessità.
- assistenza all'installazione;
- seminari didattici, laboratori di progettazione e addestramento personalizzato. Tale flessibilità consente agli ingegneri TENAX di eseguire il dimensionamento più idoneo per strutture sicure ed economicamente vantaggiose.



## VALORI PRESTAZIONALI SULLE SCHEDE TECNICHE

**La nostra tolleranza massima sui valori Idraulici e Meccanici è contenuta entro il 10%:** maggiore è la forbice di tolleranza indicata, minore è la possibilità del produttore di controllare il proprio ciclo produttivo e quindi maggiore è il rischio che il materiale consegnato non sia eccellente dal punto di vista prestazionale.



## COMPOSIZIONE POLIMERICA

**L'impiego di polimeri rigenerati non dovrebbero essere consentito se non provenienti dal medesimo ciclo industriale (e in quantità modeste),** e non possono essere "tagliati" con altre sostanze meno pregiate quali i carbonati di calcio, in quanto quest'ultimi, pur rendendoli maggiormente resistenti alla compressione, rendono il geosintetico vulnerabili in ambienti con pH basso, ma soprattutto, molto fragili quando sollecitati a schiacciamento (terreno di copertura, rifiuto, pacchetto capping, etc.).



## CICLO CONTINUO DELLE LINEE OPERATIVE

Un **s sofisticato sistema di monitoraggio**, applicato a tutti gli impianti produttivi automatizzati, effettua in continuo **rilevazioni su tutti i lotti in fase di realizzazione**. I dati ottenuti consentono di tenere costantemente sotto controllo il processo, con un duplice vantaggio in termini di pianificazione della produzione e di verifica della qualità.

# DRENANTI E GEOCOMPOSITI TENAX

**Necessitate di elevata aderenza all'interfaccia georete drenante/geomembrana impermeabile?**  
TENAX HF: > 36° attrito di interfaccia

**Le pressioni sono modeste ma le precipitazioni atmosferiche locali sono importanti?**  
TENAX HD High Drainage  
3,00 l/s/m a 20 kPa di carico

**Pretendete elevate prestazioni idrauliche ad elevato carico?**  
La gamma TENAX TENDRAIN a 3 ordini di fili testata oltre 500 kPa di pressione

**Occorre integrare la funzione barriera?**  
L'intera gamma è disponibile con un elemento impermeabile su un lato

**Vi può bastare un geocomposito tradizionale e volete contenere i costi?**  
Geocompositi filtro/drenanti TENAX SD  
25 anni di referenze in tutto il mondo

**Dovete trattenerne 1,00 m di terreno sulla copertura garantendo adeguati fattori di sicurezza?**  
Geostabre 3D "aggrappanti" e rinforzate  
TENAX MULTIMAT

**TENAX SD e TENAX CE**

**TENAX TDP**

**TENAX TENDRAIN e GNT**

**TENAX DRENI-IMPERMEABILI**

**TENAX HF**

**TENAX HD**

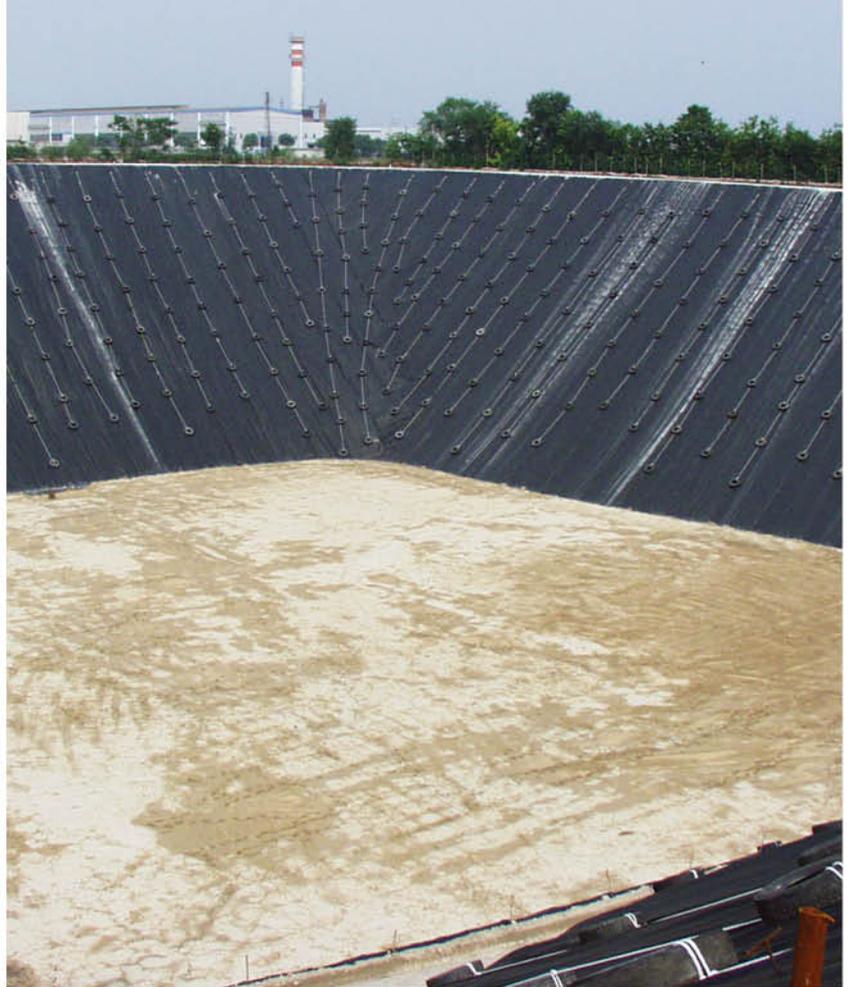
La Direttiva Europea 1999/31/CE relativa alle **discariche controllate**, recepita in Italia dal D. Lgs. 13 gennaio 2003, N° 36, definisce la discarica come "...area adibita a smaltimento dei rifiuti mediante operazione di deposito sul suolo o nel suolo, compresa la zona interna al luogo di produzione dei rifiuti, adibita allo smaltimento dei medesimi da parte del produttore degli stessi, nonché qualsiasi area ove i rifiuti sono sottoposti a deposito temporaneo per più di un anno".

# DRENAGGIO DI FONDO E DELLE PARETI

Le georeti e i geocompositi sono ormai ampiamente utilizzati nelle discariche controllate come protezione meccanica delle geomembrane, drenaggio dei gas, del percolato e dei liquidi presenti nel suolo nonché come barriera alla risalita capillare. La funzione dei sistemi di drenaggio e di rimozione del percolato è quella di mantenere il livello del battente idraulico all'interno dello strato drenante stesso. In Italia le indicazioni relative alla realizzazione dei sistemi barriera di fondo e di copertura per le discariche sono contenute nel D.Lgs. 36 del 2003, recepimento della Direttiva Europea 1999/31/EC.

L'utilizzo dei geocompositi per la captazione e la raccolta del percolato e liquidi in genere, consente vantaggi tecnici e pratici in termini di maggior reperibilità rispetto ai materiale granulari previsti dalle normative vigenti, di semplicità d'installazione, di maggior stabilità delle sponde su cui vengono posati, di notevole inerzia chimica e resistenza all'erosione e alla corrosione.

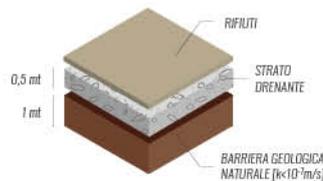
I vantaggi economici sono altrettanto tangibili se compariamo il costo di un geocomposito sintetico ai costi d'acquisto e posa in opera di un drenaggio tradizionale costituito da strati di sabbia e ghiaia. Il ridotto spessore dei geosintetici e la possibilità di realizzare pareti delle discariche più acclivi, consentono notevoli guadagni anche in termini di maggior volume disponibile per lo stoccaggio dei rifiuti. Mediamente si può stimare un risparmio di circa il 50% usando un prodotto sintetico al posto di quello tradizionale. Infine, un'ultima (ma non in ordine di importanza) valutazione che è possibile fare, è legata all'impatto ambientale causato dal rispetto della normativa, ed alla conseguente sostenibilità dell'applicazione pedissequa della stessa. In particolari contesti, l'impiego di materiali naturali (ghiaia) comporta costi notevoli anche dal punto di vista ambientale: tali costi sono dovuti alle cavazioni necessarie ed al traffico provocato dal trasporto con automezzi del materiale.



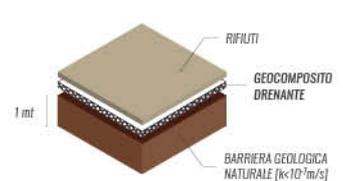
## SISTEMA "BARRIERA DI FONDO"

### PROGETTAZIONE CONVENZIONALE

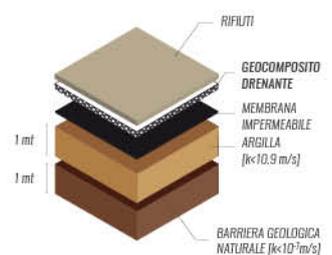
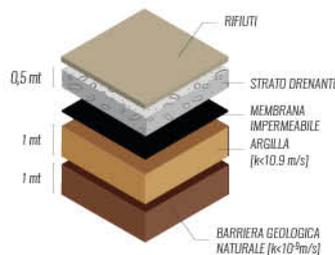
#### DISCARICA PER RIFIUTI INERTI



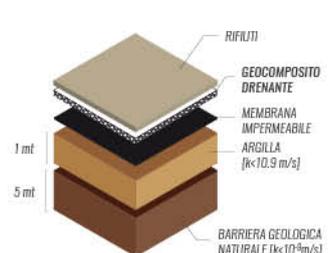
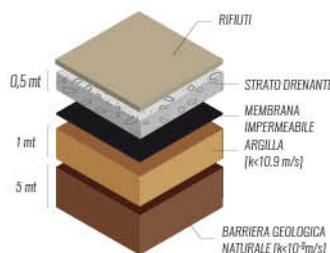
### PROGETTAZIONE CON GEOSINTETICI



#### DISCARICA PER RIFIUTI NON PERICOLOSI



#### DISCARICA PER RIFIUTI PERICOLOSI





## FUNZIONE DI RACCOLTA E RIMOZIONE DEL PERCOLATO IN DISCARICA

Il sistema di raccolta e rimozione del percolato (LCRS) è solitamente installato sopra il rivestimento primario all'interno della discarica. TENAX **TENDRAIN** è un geocomposito costituito da un'anima drenante a tre ordini di fili sovrapposti ed incrociati, specificatamente progettato per il drenaggio e raccolta del percolato (LCRS). I fili interni, di maggior spessore e peso, assicurano un'elevata trasmissività e resistenza a compressione della struttura mentre i fili trasversali prevengono l'intrusione del geotessile e del terreno sotto carico verticale che altrimenti intaserebbero i canali di scorrimento dei liquidi.

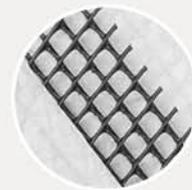
TENAX **TENDRAIN** assicura il convogliamento e la rimozione del percolato sopportando elevati carichi di compressione e mantenendo la capacità idraulica costante nel tempo per limitare il battente idraulico all'interno dello strato drenante, al contrario dei geocompositi convenzionali per i quali si può verificare una riduzione della capacità drenante a causa del creep di compressione prodotto dai carichi verticali e dell'intrusione del geotessile all'interno del geocomposito.

## LE NOSTRE GEORETI E COMPOSITI

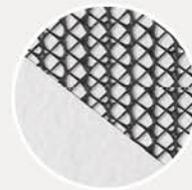
La semplicità di posa, il facile ed immediato approvvigionamento del prodotto, la totale inerzia chimica, sono caratteristiche che collocano le georeti TENAX **CE, SN, GNT, NDP** ed i geocompositi TENAX **TENDRAIN, SD, TDP** al vertice delle soluzioni per le discariche controllate:

- posati sotto le geomembrane ne prevengono il danneggiamento meccanico e drenano i liquidi e i gas presenti nel suolo;
- posati al di sopra delle geomembrane le proteggono meccanicamente ed assolvono la funzione di drenaggio del percolato prodotto dai rifiuti.

La loro elevata trasmissività consente di sostituire in modo efficace e sicuro i materiali granulari previsti dalle leggi vigenti. Il volume di stoccaggio dei rifiuti può aumentare considerevolmente prevedendo l'impiego di georeti e geocompositi TENAX grazie ai quali è possibile mantenere pareti più ripide e maggiormente stabili di quelle drenate tradizionalmente con la sabbia.



TENAX SN/CE/SD



TENAX GNT/TENDRAIN



TENAX NDP/TDP



# CAPPING E BONIFICA SITI CONTAMINATI

Le georeti e i geocompositi garantiscono nella copertura delle discariche lo smaltimento delle acque infiltrate che, scorrendo sulla membrana, ridurrebbero fino ad annullare il coefficiente di attrito terreno-membrana, provocando inoltre delle sottopressioni che potrebbero far scivolare il terreno sull'impermeabilizzazione stessa.

Sempre secondo la Direttiva Europea 1999/31/CE, un sistema di Copertura Definitivo di una discarica esaurita (capping) deve assicurare:

- isolamento dei rifiuti dall'ambiente esterno
- minimizzazione delle infiltrazioni d'acqua
- riduzione al minimo della necessità di manutenzione
- minimizzazione dei fenomeni di erosione
- resistenza agli assestamenti ed a fenomeni di subsidenza localizzata

La progettazione e la realizzazione dei sistemi per la copertura e la messa in sicurezza di discariche controllate deve seguire, secondo la vigente normativa italiana, i dettami del D.Lgs. 36 del 13 gennaio 2003. Tale decreto, che rappresenta il recepimento della direttiva Europea 1999/31/CE relativa alle discariche controllate, descrive in modo preciso quelli che sono i requisiti minimi essenziali per un sistema di copertura.

Gli strati necessari per la captazione del biogas e delle acque superficiali secondo la normativa devono essere costituiti da materiali granulari opportunamente protetti da intasamenti ed aventi spessore minimo 0.50 m.

Lo strato drenante per le acque superficiali deve garantire che non si manifesti un battente idraulico al di sopra dello stesso, mentre non sono fornite indicazioni di nessun tipo circa la conducibilità né la granulometria dello stesso. Risulta essere evidente anche la mancanza di ogni riferimento a materiali che, anche prima del Decreto, venivano regolarmente e con successo impiegati nelle discariche: i geosintetici in generale ed i geocompositi drenanti in particolare. Le moderne tecnologie produttive e i sempre più stringenti requisiti di controllo qualità fanno sì che un geocomposito con marcatura CE fornito da azienda certificata ISO 9001 fornisca a committenti e progettisti garanzie di efficienza, durabilità ed affidabilità infinitamente maggiori rispetto a qualunque materiale granulare naturale.



Le ragioni che possono portare progettisti o gestori a sostituire i materiali drenanti naturali con geosintetici sono molteplici:

## a. motivazioni di ordine tecnico:

le stratigrafie del decreto spesso sono incompatibili con le geometrie di discariche progettate e coltivate prima del decreto stesso. Tali difficoltà sono amplificate laddove le verifiche debbano essere effettuate in condizioni sismiche. Considerazioni simili possono essere fatte, per quanto riguarda le parti sommitali, relativamente all'ultimo requisito del sistema di copertura: è infatti evidente che gli assestamenti ed i fenomeni di subsidenza localizzata possono essere tanto maggiori quanto maggiore sia il peso della copertura, e che poter sostituire i materiali granulari, che hanno uno spessore minimo di 1.00 m e peso prossimo alle 2 ton/m<sup>2</sup>, con materiali sintetici di spessore minimo e peso complessivo inferiore ai 2 kg/m<sup>2</sup> significa ridurre almeno del 40% il carico trasmesso al corpo della discarica, e quindi ridurre del 40% i possibili assestamenti.

**b. motivazioni di tipo economico:** i materiali che generalmente vengono utilizzati per lo strato drenante sono rappresentati da ghiaie o sabbie pulite:

la necessità di conferire in cantiere ingenti quantitativi di un materiale pregiato e costoso, molto difficilmente reperibile in tale quantità da una singola fonte e, quindi, di difficile controllo in cantiere, rendono tale soluzione estremamente costosa.

**c. L'ultima motivazione** (ma non in ordine di importanza) è **legata all'impatto ambientale**, possibile conseguenza dell'applicazione della normativa poiché in particolari contesti, l'impiego di materiali naturali (argilla, sabbia, ghiaia) comporta costi "ambientali" notevoli dovuti alle cavazioni necessarie ed al traffico provocato dal trasporto con automezzi del materiale.

Per rendersi conto di tale aspetto, basti pensare che per una discarica modesta, con copertura pari a 40.000 mq (estensione 200 x 200 m), sono necessari:

- 40.000 m<sup>3</sup> ghiaia (circa 4000 autocarri da 10 m<sup>3</sup>);
  - 20.000 m<sup>3</sup> di argilla dopo compattazione (25.000 m<sup>3</sup> in mucchio: 2500 autocarri);
  - 40.000 m<sup>3</sup> di terreno vegetale (ancora, 4.000 autocarri),
- per un totale di 10.500 autocarri con portata superiore ai 200 q.

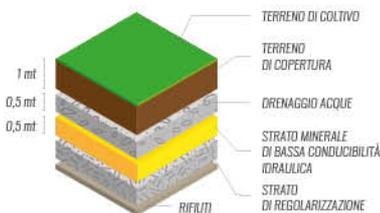




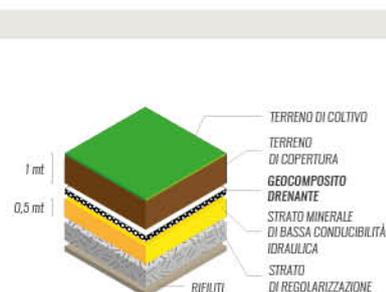
## SISTEMA "CAPPING"

### PROGETTAZIONE CONVENZIONALE

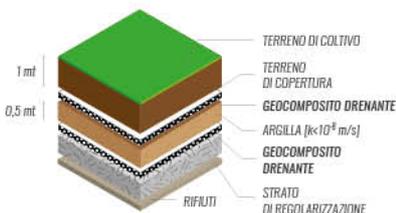
#### DISCARICA PER RIFIUTI INERTI



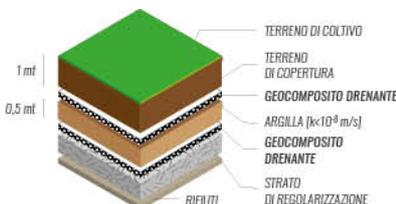
### PROGETTAZIONE CON GEOSINTETICI



#### DISCARICA PER RIFIUTI NON PERICOLOSI



#### DISCARICA PER RIFIUTI PERICOLOSI



## CAPTAZIONE DEL BIOGAS

La pressione esercitata dal biogas sotto il sistema di rivestimento di copertura (argilla compattata, geomembrana o geocomposito bentonitico) può notevolmente ridurre la stabilità del terreno di copertura fino al possibile collasso. Come risulta da recenti ricerche sulle velocità di trasmissione dei gas e basate sulla teoria di permeabilità intrinseca, la trasmissività al biogas risulta essere dieci volte inferiore rispetto alla trasmissività idraulica a qualunque altro fluido.

Ciò comporta la necessità di uno strato di drenaggio del biogas ad elevata portata idraulica.

## RACCOLTA E RIMOZIONE DELLE ACQUE DI SUPERFICIE

L'acqua meteorica d'infiltrazione, se non correttamente drenata e scorrendo attraverso il terreno di copertura, si accumula sullo strato impermeabile generando dannose sottopressioni. L'eccessivo battente idraulico causato da un drenaggio inadeguato può provocare cedimenti catastrofici della copertura; sono stati registrati e analizzati infatti numerosi cedimenti di sponde di discariche causati da infiltrazioni. I geocompositi drenanti TENAX installati correttamente sopra gli strati impermeabili, garantiscono lo smaltimento del quantitativo d'acqua piovana che si può infiltrare attraverso il terreno di coltura.



## I NOSTRI GEOCOMPOSITI

Per entrambe le funzioni, TENAX ha sviluppato, oltre alla ormai consolidata gamma di geocompositi filtro/dreno-protettivi TENAX **TENDRAIN, SD** e **TDP**, precedentemente illustrati, le gamme "High Drainage" e "High Friction":

- TENAX **HD** sono in grado di assicurare elevate prestazioni in termini di portata idraulica e resistenza a trazione;
- TENAX **HF** sono caratterizzati da elevate prestazioni in termini di resistenza di interfaccia georete/membrana impermeabile.

I geocompositi per il drenaggio delle acque di superficie costituiti da doppio geotessile filtrante possono essere realizzati **sostituendo il geotessile inferiore con una geomembrana impermeabile** leggera che integra la funzione barriera degli strati sottostanti (**HDcu, SDcu** e **TENDRAINcu**); la scelta della tipologia di struttura drenante viene effettuata sulla base delle necessità di drenaggio, mentre la membrana inferiore nel caso sia presente argilla compattata o un geocomposito bentonitico contribuisce a mantenere un corretto grado di umidità e quindi a preservare le caratteristiche di ridotta conducibilità idraulica degli stessi.



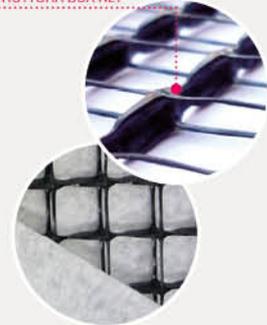
## TENAX HD

### La generazione di geocompositi High Drainage

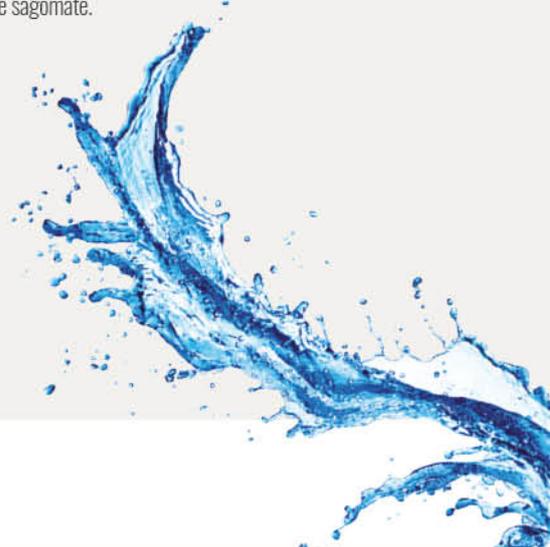
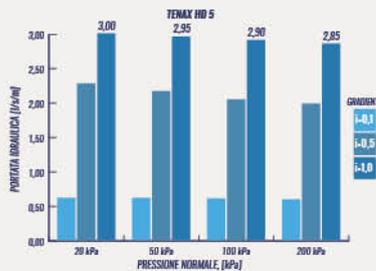
*in grado di assicurare elevate prestazioni in termini di portata idraulica e resistenza a trazione*

I geocompositi High Drainage TENAX **HD** sono costituiti da una struttura reticolare tridimensionale **box-net** ottenuta per estrusione e stiratura bidirezionale di Polipropilene (PP) laminata industrialmente ad uno (HD\_1) o due (HD\_2) geotessili nontessuti sempre in PP con funzione filtrante. L'anima drenante risulta essere costituita da una struttura rigida e indeformabile "a telaio" con maglie quadrangolari di elevato profilo in grado di garantire a 100 kPa di pressione, portate idrauliche fin'oltre i 3,00 Litri/m<sup>2</sup>sec a gradiente  $i=1.0$  e 0,60 Litri/m<sup>2</sup>sec a gradiente  $i=0.1$  (ca 6° di inclinazione). Il processo industriale di stiratura bidirezionale della struttura drenante in PP, conferisce al geocomposito estrema flessibilità ed elevata resistenza a trazione anche a bassissime temperature contrariamente alle strutture sempre in PP ma semplicemente estruse in monofilamento e sagomate.

STRUTTURA BOX-NET



TENAX HD

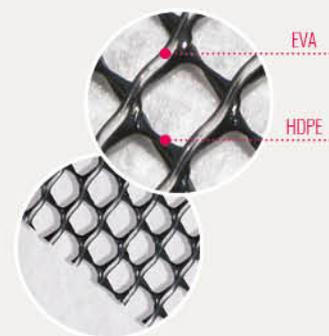


## TENAX HF

### Geocompositi ad Elevata Frizione

*caratterizzati da elevate prestazioni in termini di resistenza di interfaccia georete/membrana impermeabile*

I geocompositi High Friction TENAX **HF** sono realizzati mediante accoppiamento industriale di una georete drenoprotettiva in **bi-polimero HDPE+EVA** ad un geotessile filtrante in nontessuto di PP. Il componente EVA (Etil Vinil Acetato) splamato sulla superficie della georete non interessata dal geotessile e rivolta a contatto con la geomembrana impermeabile, consente un notevole miglioramento delle caratteristiche d'attrito all'interfaccia georete drenante/geomembrana impermeabile di qualsiasi natura.



TENAX HF



## CONTROLLO DELL'EROSIONE SUPERFICIALE E STABILIZZAZIONE DELLA COPERTURA

Uno dei problemi durante la progettazione e la realizzazione di un sistema di copertura definitivo di una discarica (capping) è trattenere sulle pendici impermeabilizzate un adeguato spessore di terreno di coltura che consenta un duraturo inerbimento: infatti l'angolo di attrito all'interfaccia tra l'impermeabilizzazione e il terreno vegetale ha solitamente valori molto bassi, inadeguati a impedire lo scivolamento del terreno, anche con basse pendenze. La necessità di effettuare verifiche che rispettino la nuova normativa tecnica per le costruzioni rende maggiore tale problematica. È quindi indispensabile utilizzare un opportuno geosintetico in grado di trasmettere al terreno di copertura quelle azioni che sono necessarie per garantire la stabilità.

## LE NOSTRE GEOSTUOIE 3D "AGGRAPPANTI"

La geostuoia rinforzata **TENAX MULTIMAT R** per via della sua struttura tridimensionale e "grimpante" consente il trattenimento di spessori importanti di terreno vegetale, anche su pendenze elevate; posta direttamente al di sopra della guaina impermeabile (oppure, se previsto, sopra un geocomposito filtro-drenante per le acque meteoriche) e debitamente ancorata in sommità (in trincea o mediante ricarica di materiale), **TENAX MULTIMAT R** viene successivamente "ricaricata" con un'abbondante quantità di terreno di coltura leggermente compattato.



TENAX MULTIMAT R

- Fino a 4,40m di Larghezza
- Lunghezze "a misura" poiché non sono normalmente consentiti ancoraggi intermedi in parete



# SCHEMA DI POSA



POSA DEL GEOCOMPOSITO  
PER IL DRENAGGIO DEL BIOGAS

1



POSA DEL GEOCOMPOSITO BENTONITICO  
O DELLA GEOMEMBRANA IMPERMEABILE

2



POSA DEL GEOCOMPOSITO PER IL  
DRENAGGIO DELLE ACQUE METEORICHE  
DI INFILTRAZIONE

3



POSA DELLA GEOSTUOIA 3D  
«AGGRAPPANTE» E RINFORZATA

4



ANCORAGGIO DEL PACCHETTO  
DI COPERTURA IN APPOSITA TRINCEA  
EVENTUALMENTE RIEMPIITA IN CLS

5



STESA DEL TERRENO DI COPERTURA  
A MATRICE VEGETALE

6



SEMINA E PIANTUMAZIONE

7

# ARGINI DI CONTENIMENTO E SOPRAELEVAZIONE



Le tipologie d'intervento che si possono utilizzare per aumentare il volume utile di una discarica sono principalmente due:

- la realizzazione di rilevati rinforzati con funzione di argine o di sostegno al piede;
- l'inserimento dei geosintetici direttamente all'interno dei rifiuti, realizzando un rilevato di RSU rinforzato.

## ARGINI DI CONTENIMENTO

I rilevati in Terra Rinforzata con geogriglie TENAX TT consentono di ottenere una sezione del rilevato molto ridotta rispetto al caso non rinforzato, un incremento di volume disponibile per i rifiuti e, conseguentemente, di ridurre la quantità di terreno necessaria alla realizzazione dei rilevati (anche di non ottima qualità). Questa tecnologia ha trovato impiego diffuso, non presentando particolari difficoltà dal punto di vista progettuale in quanto le metodologie di calcolo sono quelle dei rilevati rinforzati in terra, mentre i rifiuti entrano in gioco solo come spinta a tergo dell'opera.

## RINFORZO R.S.U.

Applicando invece la tecnologia delle Terre Rinforzate direttamente ai RSU, i volumi utilizzabili sarebbero ancora maggiori, con costi più contenuti. È però indispensabile valutare attentamente le proprietà geomeccaniche, granulometriche ed idrauliche dei rifiuti per accertare l'efficacia del rinforzo.

## IL NOSTRO SISTEMA PER TERRE RIFORZATE

Il Sistema integrato per Terre Rinforzate TENAX RIVEL prevede, quale elemento di rinforzo, l'impiego di geogriglie a giunzione integrale al 100% in HDPE TENAX TT.

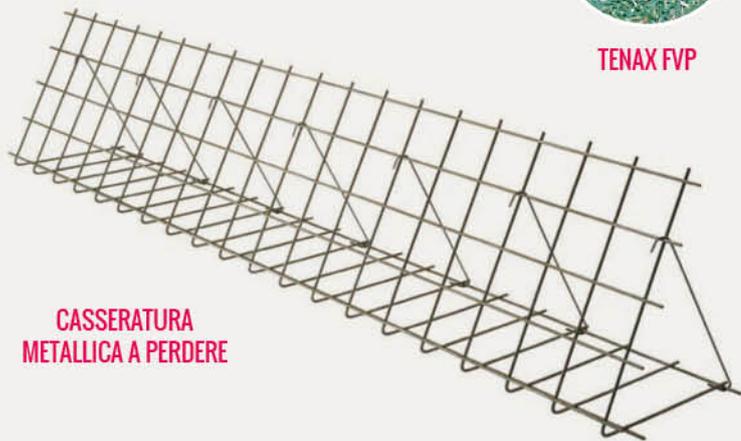
Il Sistema consente di realizzare arginature estremamente resistenti, sovrapponibili e di ridotti ingombri, favorendo in questo modo l'aumento del volume utile. TENAX RIVEL è in grado di sopportare sia sollecitazioni statiche indotte dal corpo dei rifiuti che accelerazioni sismiche.



TENAX TT



TENAX FVP



CASSERATURA METALLICA A PERDERE





SGS ITALY Certificate no. IT93/0008a  
SGS U.K. Certificate no. IT93/2568.1



0799-CPR-25



ISTITUTO PER LE TECNOLOGIE DELLA COSTRUZIONE



**Geosynthetics Division**  
via dell'Industria 3  
23897 Viganò LC - Italia  
Tel. +39 039 9219307  
Fax +39 039 9219200

*geo@tenax.net*  
**www.tenax.net**