

# Opere per il controllo dell'erosione superficiale

## Generalità

Le opere per il controllo dell'erosione superficiale creano condizioni ambientali e di stabilità necessarie all'attecchimento e alla crescita della vegetazione erbacea, arbustiva ed arborea impiantata sulle scarpate e sui pendii in terra o in situazioni particolari di rocce molto alterate. La copertura vegetale, così realizzata, consente un efficace controllo e mitigazione dei fenomeni d'erosione, proteggendo il terreno dall'azione aggressiva delle acque meteoriche e superficiali, del vento e delle escursioni termiche.

Le tecniche costruttive ed i materiali impiegati sono differenti in relazione alle caratteristiche litologiche, pedologiche, morfologiche e climatiche della zona d'intervento.

Tra le opere per il controllo dell'erosione superficiale, di seguito sono descritte le tipologie che più comunemente trovano applicazione nell'ambito degli interventi di sistemazione e di difesa dall'erosione e dalle frane dei versanti, quali:

- rivestimenti antierosivi con materiali biodegradabili
- rivestimenti antierosivi con materiali sintetici
- inerbimenti

## Rivestimenti antierosivi con materiali biodegradabili

I prodotti in materiali organici biodegradabili sono rappresentati da:

*Biotessili*      *Bioreti*  
*Biofeltri*  
*Biostruoie*

## Rivestimenti antierosivi con materiali sintetici

I prodotti in materiale sintetico comprendono:

*Geostruoie tridimensionali*  
*Geocompositi antierosivi*  
*Rivestimenti vegetativi*  
*Geocelle*

## Inerbimenti

Le tecniche di inerbimento comprendono:

*Semina a spaglio*  
*Copertura con zolle erbose*  
*Sistema Nero - Verde*  
*Idrosemina*

Esempio d'impiego di rete o georete in fibra di iuta utilizzata in abbinamento a viminate in un intervento di sistemazione di un pendio in erosione. Questa tipologia è particolarmente indicata per i rinverdimenti antierosivi di pendii, sponde fluviali o scarpate artificiali con necessità di trattenimento meccanico del terreno.



### Generalità

I rivestimenti antierosivi biodegradabili sono usati, quasi sempre in associazione con idrosemina o con l'impianto di talee e piantine, negli interventi di sistemazione e consolidamento di pendii o scarpate o di altre opere di ingegneria. La loro realizzazione assicura al terreno trattato un controllo dei fenomeni erosivi per il tempo necessario all'attecchimento ed allo sviluppo di un efficace copertura vegetale.

I rivestimenti biodegradabili sono prodotti costituiti in genere da fibre di paglia, cocco, juta, sisal (fibra tessile ricavata dalle foglie di una specie di Agave), trucioli di legno o altre fibre vegetali, caratterizzati da una biodegradabilità pressoché totale che si realizza in un arco di tempo di 1/5 anni, da permeabilità e capacità di ritenzione idrica elevate e da spiccata azione protettiva superficiale del terreno.

In funzione del materiale, della struttura e delle tecniche costruttive, possono essere classificati in:

*Biotessili*      *Bioreti*  
                    *Biofeltri*  
*Biostuoie*

### Aspetti ambientali

I rivestimenti antierosivi, rappresentano una soluzione ideale sia dal punto di vista tecnico-funzionale che dal punto di vista dell'inserimento estetico-paesaggistico ed ecologico dell'intervento.

La biodegradabilità e la non tossicità dei materiali utilizzati e la capacità di favorire una rapida copertura vegetale, garantiscono il loro inserimento completo e naturale nell'ambiente circostante.

### Applicazioni

Questi prodotti hanno trovato recentemente una vasta applicazione in numerosi interventi di sistemazione idraulico-forestale, di consolidamento dei pendii instabili ed in numerose opere di ingegneria tra i quali si menzionano:

- rivestimento di pendii o scarpate naturali ed artificiali per il controllo dell'erosione e la protezione delle sementi dal dilavamento e creazione di condizioni microclimatiche più favorevoli all'attecchimento ed alla crescita della vegetazione;
- rivestimento e protezione delle scarpate e delle sponde fluviali dall'erosione;
- protezione, sostegno e contenimento del terreno seminato per favorire il rinverdimento di opere in terre rinforzate o di altro tipo;
- recupero di aree di cava dismesse o di discariche.

Esempi di materiali antierosivi:

Sinistra: biostuoia in fibre di paglia;

Centro: biostuoia in fibre miste di cocco e paglia,

Destra: biorete in fibre di juta, tessuta a maglia aperta (detta "geojuta")



## Descrizione e Caratteristiche

### Bioreti

**L**e bioreti sono costituite da fibre naturali di cocco, juta o di sisal, tessute a maglie aperte, annodate e/o saldate in modo da formare una struttura tessuta aperta e, nello stesso tempo, deformabile e capace di adattarsi al supporto.

La struttura e la resistenza alla trazione consentono di esercitare un'efficace azione di controllo sui processi erosivi delle acque meteoriche e di ruscellamento e di stabilizzazione del terreno trattato.

Le bioreti in fibre di juta (o geojute) sono una delle tipologie più usate negli interventi di rivestimenti antierosivi delle scarpate o pendii nei casi in cui si vuole ottenere un rapido sviluppo della copertura vegetale, grazie soprattutto alla loro elevata capacità di ritenzione idrica (fino a 5 volte il proprio peso).

Le bioreti in fibre di cocco hanno, rispetto alle geojute, una minore capacità di ritenzione idrica, ma sono molto più resistenti alla trazione ed alla degradazione. Per tale motivo sono più indicate in ambienti umidi o dove è richiesta una maggiore azione protettiva e consolidante del pendio o della scarpata da trattare con idrosemina.

### Biofeltri

**I** biofeltri sono teli (o nappe) non tessuti agugliati, composti da un insieme di fibre vegetali sciolte o al massimo pressate, ottenuti grazie alla capacità "feltrante" dei filamenti.

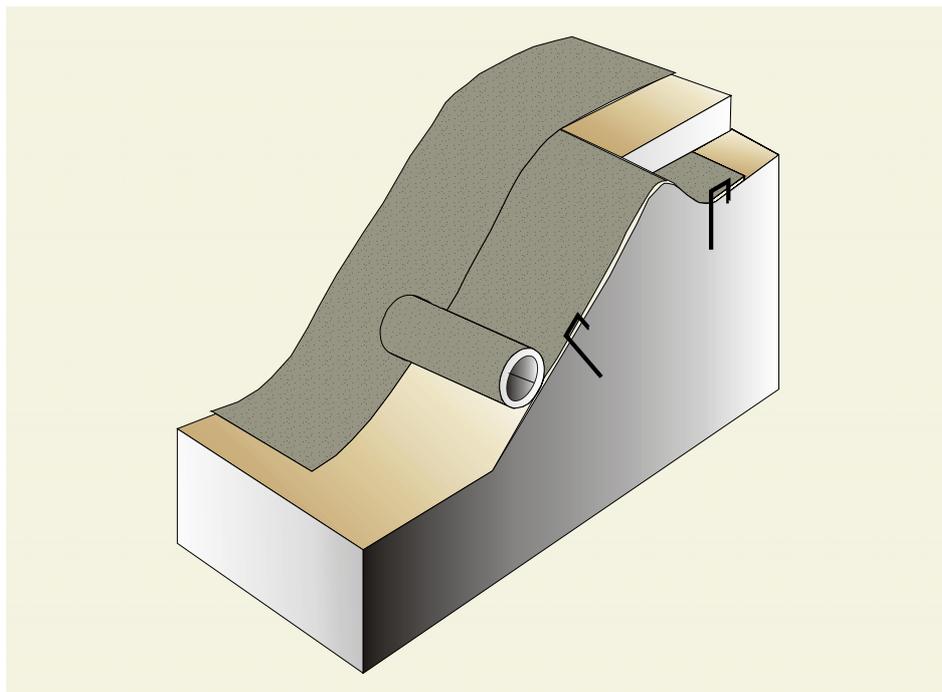
I biofeltri possono essere composti da fibre di paglia, di cocco, di paglia e cocco, di trucioli di legno e/o di altre fibre vegetali o miste biodegradabili.

I teli possono essere accoppiati, come le biostuoie, a reti in fibre naturali biodegradabili o sintetiche fotodegradabili ed a fogli di cellulosa.

I biofeltri sono usati per la protezione temporanea dai fenomeni erosivi di pendii e scarpate naturali o artificiali, trattate con semina, per favorire l'attecchimento e la rapida crescita della vegetazione.

Il biofeltro è un non-tessuto agugliato costituito da un insieme di fibre vegetali. Le bioreti possono essere in fibre di cocco o di sisal e sono disponibili anche come stuoie preseminate. La scelta del tipo più adatto dipende dalla durata e dalla resistenza meccanica richiesta e dalle condizioni climatiche.

Le stuoie biodegradabili hanno la funzione di proteggere provvisoriamente la semina dall'azione battente della pioggia e di creare un microclima ideale durante la prima fase di crescita della vegetazione. Sono disponibili biostuoie, biofeltri e bioreti. Le biostuoie possono essere in paglia, in legno ed in cocco.



## Biostuoie

**L**e biostuoie sono costituite da strati di fibre naturali biodegradabili spesse una decina di mm, assemblati in modo da formare una struttura intrecciata, semiaperta e deformabile, capace di adattarsi con facilità al terreno sul quale è stesa.

Le biostuoie possono essere composte da fibre di paglia, cocco, paglia e cocco, juta o altre fibre vegetali biodegradabili e compatibili con l'ambiente.

Il materiale è trattenuto su entrambi i lati da microreti in materiale organico (tipo juta) o sintetico (tipo polipropilene), o confinato entro una microrete su un lato ed un foglio di cellulosa sul lato a contatto con il terreno.

Le biostuoie sono caratterizzate da un'elevata capacità di ritenzione idrica (specie quelle di paglia e juta), di protezione del terreno contro i fenomeni erosivi superficiali. Infatti la formazione di un microclima ideale e l'incremento di fertilità del suolo derivante dalla loro decomposizione, favoriscono notevolmente l'attecchimento e la prima fase di crescita della vegetazione.

La durata dei teli varia in funzione del materiale, della natura del suolo sul quale poggiano e delle condizioni climatiche locali. Mediamente le biostuoie in paglia si degradano nell'arco di un anno, mentre quelle in cocco, più resistenti alla degradazione, durano ½ anni. Le biostuoie in paglia o juta sono indicate per la loro maggiore capacità di ritenzione dell'umidità negli interventi di rivestimento antierosivi su pendii o scarpate in ambienti aridi. Le tipologie in cocco sono invece più adatte all'uso in ambienti umidi, come ad esempio il rivestimento di scarpate o sponde fluviali.

Le biostuoie in fibre miste di paglia e cocco sono utilizzate negli interventi di rivestimento di pendii o scarpate, soggetti a limitati fenomeni erosivi e poco umidi, quando si vuole conferire, con l'aggiunta della paglia, una maggiore ritenzione idrica alle caratteristiche di resistenza e durata del cocco.

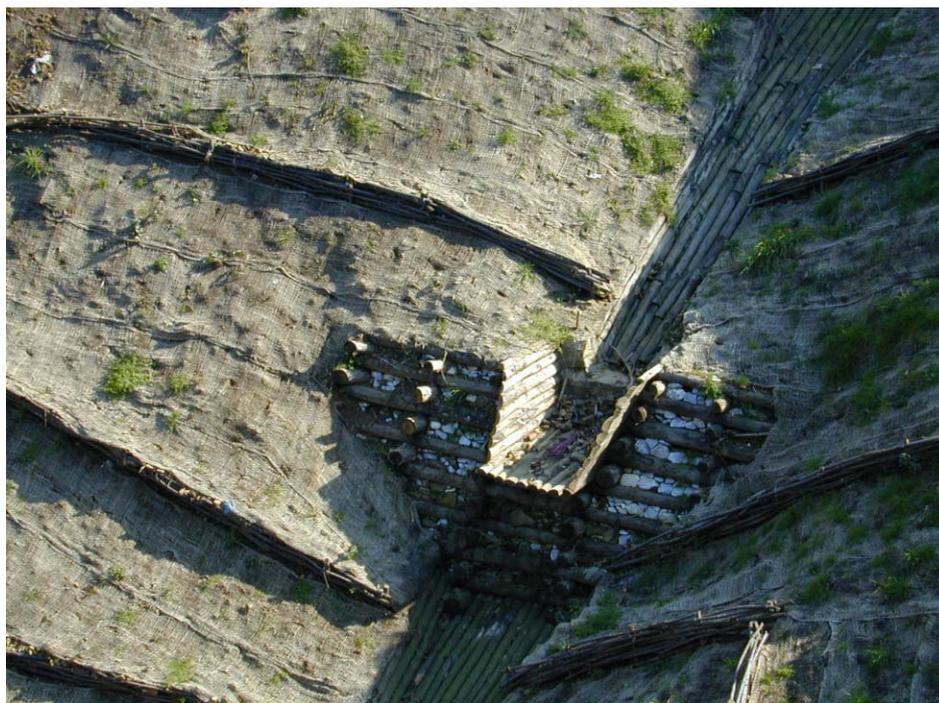
Le biostuoie possono essere anche preseminate con varie miscele di sementi, in modo da ottenere una rapida copertura vegetale, di lunga durata, ed una discreta protezione del terreno dall'erosione superficiale. Queste sono usate principalmente per il rivestimento di pendii e scarpate, naturali o artificiali, formati da materiali fini umidi (es. sponde fluviali). In caso di terreni ghiaiosi o detritici con scarso materiale fino occorre riportare uno strato di terreno vegetale prima di stendere il materasso preseminato.

Impiego di biostuoia in un complesso intervento di sistemazione e consolidamento dei versanti di un torrente montano in forte erosione.

L'intervento ha previsto il ricorso a varie tecniche d'ingegneria naturalistica: rimodellamento del pendio, realizzazione di viminate, rivestimento del fondo dell'impluvio con tondame e costruzione di briglie in legname e pietrame, stesa di teli di biotessili ed inerbimenti.

La stesa dei rotoli di biotessili avviene dopo avere preventivamente regolarizzato la superficie del pendio dissestato, ed in modo da avere una certa sovrapposizione fra teli successivi di una decina di centimetri circa.

Terminato il posizionamento dei biotessili si procede al trattamento con idrosemina di specie vegetali idonee.



### ***Generalità***

**I** rivestimenti antierosivi sintetici sono realizzati con vari tipi di prodotti sia geosintetici che non. Queste tecniche si possono realizzare con dei prodotti prefabbricati che svolgono una o più funzioni od altrimenti abbinando materiali diversi posti in tempi successivi.

Di seguito si riportano alcuni dei materiali e delle tecniche più comunemente usati:

*Geostuoie tridimensionali*

*Geocompositi*

*Rivestimenti vegetativi*

*Geocelle*

### ***Aspetti ambientali***

**L'**impiego di prodotti formati da materiali di sintesi e/o naturali, offre la possibilità di realizzare opere d'ingegneria limitandone notevolmente l'impatto negativo sull'ambiente circostante. Nelle applicazioni antierosive oltre all'azione di protezione meccanica superficiale, possono svolgere funzioni di contenimento e di stabilizzazione corticale; in tal modo questi materiali consentono e favoriscono lo sviluppo di una copertura vegetale stabile in grado di svolgere un'efficace ruolo autonomo di consolidamento superficiale e di rinaturalizzare contesti degradati dalla costruzione di opere di ingegneria.

Impiego di geostuoia rinforzata con rete metallica a doppia torsione tipo "Macmat" per la stabilizzazione e il rinverdimento di un versante argilloso. Fase della posa (sopra) e dopo l'idrosemina (sotto).



## **Descrizione e Caratteristiche**

### **Geostuoie tridimensionali**

**L**e geostuoie tridimensionali sono dei materiali sintetici impiegati principalmente per il controllo dell'erosione superficiale su pendii e/o scarpate naturali o artificiali. Le geostuoie sono costituite da filamenti di materiali sintetici (polietilene ad alta densità, poliammide, polipropilene od altro), aggrovigliati in modo da formare un materassino molto flessibile dello spessore di 10-20 mm. La forma tipica di una geostuoia consiste in una struttura tridimensionale con un indice dei vuoti molto elevato, mediamente superiore al 90% (idonea al contenimento di terreno vegetale o dell'idrosemina).

## **Applicazioni**

**L**e geostuoie sono principalmente impiegate con funzione antierosiva negli interventi di sistemazione idraulico-forestale e di consolidamento di pendii instabili. Sono sempre abbinate a sistemi di raccolta delle acque superficiali ed a materiali vivi; quando è necessario vengono utilizzate come un complemento delle opere di sostegno nell'ambito di sistemazioni più complesse. Dato l'elevato indice dei vuoti, le geostuoie si prestano molto bene ad essere intasate con miscele di idrosemina piuttosto dense quali quelle dell' "idrosemina a spessore", in tal modo svolgono sia una protezione antierosiva nei confronti del terreno che una funzione di "armatura dell'idrosemina" impedendone il dilavamento anche in situazioni difficili.

Esempio di struttura di geostuoia



Esempio di posa di una geostuoia rinforzata per la stabilizzazione di scarpate a basso angolo di attrito. Nella foto: discarica di rifiuti industriali bonificata.



## Descrizione e Caratteristiche

### Geocompositi antierosivi

I geocompositi sono materiali prefabbricati costituiti dall'associazione di prodotti geosintetici e non, aventi il compito di svolgere funzioni diverse. Nell'ambito dei rivestimenti antierosivi una categoria importante di geocompositi sono le geostuoie rinforzate; si tratta di prodotti realizzati mediante l'unione di una geostuoia tridimensionale e di un elemento di rinforzo.

L'elemento di rinforzo ha una funzione permanente di contenimento o di assorbimento di sforzi di trazione indotti nel geocomposito.

Tipicamente per l'armatura della geostuoia vengono usate reti metalliche a doppia torsione a maglie esagonali in trafilato d'acciaio protetto mediante rivestimento con lega di zinco-5% alluminio o geogriglie di fibre di poliestere tessute e protette con PVC.

Vengono fissati alla scarpata con una opportuna picchettatura e successivamente intasati con idrosemina a spessore.

## Applicazioni

Le geostuoie antierosive rinforzate sono utilizzate per il controllo dell'erosione su scarpate in terra o in roccia alterata molto ripide; in questi casi oltre alla protezione dall'azione delle acque meteoriche è opportuno realizzare un elemento di contenimento in grado di controllare i piccoli movimenti gravitativi superficiali dovuti alla forte pendenza. Le geostuoie possono essere fissate con barre d'acciaio lunghe 0.6-0.7 m o anche con vere e proprie chiodature quando sia richiesto un consolidamento a maggiore profondità. Per migliorare l'azione di contenimento si possono aggiungere delle funi d'acciaio collegate alle teste dei chiodi.

Un'altra applicazione consiste nella stabilizzazione di terreno di riporto su scarpate in roccia o geosintetici (ad esempio le geomembrane nelle coperture di discarica) al fine di impedire lo scivolamento del terreno su un interfaccia con basso angolo di attrito.

Dopo avere steso ed ancorato il geocomposito, si riporta il terreno sopra di esso con spessore variabile da monte a valle; quando necessario si pone un geocomposito drenante al di sotto del geocomposito antierosivo per impedire la saturazione del terreno di copertura e migliorarne la stabilità.

Stabilizzazione di un pendio artificiale con chiodature, funi d'acciaio e geostuoia rinforzata con rete metallica a doppia torsione (tipo Macmat); su alcune porzioni del rilevato il rinverdimento è già completato.



Esempio di struttura di geostuoia rinforzata con rete a doppia torsione



## **Descrizione e Caratteristiche**

## **Rivestimenti vegetativi**

La tecnica consiste nella posa in successione di una biostuoia o geostuoia tridimensionale con funzione antierosiva, e di una rete metallica a doppia torsione a maglie esagonali in trafilato d'acciaio protetto mediante rivestimento con lega di zinco-5% alluminio, con funzione di contenimento. La posa avviene in maniera differenziata per i due elementi, pertanto è possibile rendere la stuoia ben aderente alla scarpata ed il sistema si presta molto bene anche ad applicazioni su superfici piuttosto irregolari. La rete preme sulla scarpata migliorando l'aderenza della stuoia ed impedendo i piccoli rilasci gravitativi tipici delle scarpate molto ripide.

## **Applicazioni**

I rivestimenti vegetativi sono utilizzati per il controllo dell'erosione su scarpate, anche ripide, in terra o in roccia alterata.

Rivestimento vegetativo realizzato con rete metallica a doppia torsione a maglie esagonali protetta con rivestimento in lega zinco-alluminio e sottostante biostuoia in fibra di paglia e cocco. Fasi durante la posa (sopra) e al rivestimento completato (sotto).



## Descrizione e Caratteristiche

### Geocelle

Le geocelle sono dei geosintetici a struttura alveolare flessibili, resistenti e leggeri; vengono utilizzate come sistemi di stabilizzazione corticale per impedire lo scivolamento e l'erosione di strati di terreno di riporto su forti pendenze.

La struttura a "nido d'ape" o "alveolare" viene ottenuta per assemblaggio e saldatura di strisce di materiali sintetici con spessori maggiore o uguale a 1,2 mm ed altezza compresa tra 70 e 100 mm. Sono strutture facilmente trasportabili, caratterizzate da un ingombro molto contenuto, rapidità di applicazione ed adatte a diverse situazioni ambientali.

Dopo la posa delle geocelle ed il fissaggio con picchetti si effettua il riempimento con terreno vegetale e successivamente un'drosemina. Se necessario si deve abbinare una biostuoia od un biotessile qualora vi sia il pericolo di dilavamento da parte delle acque meteoriche; le geocelle hanno aperture piuttosto ampie e sono efficaci nell' impedire lo scivolamento superficiale del terreno di riporto mentre non contrastano sufficientemente il ruscellamento e soprattutto l'impatto delle gocce di pioggia.

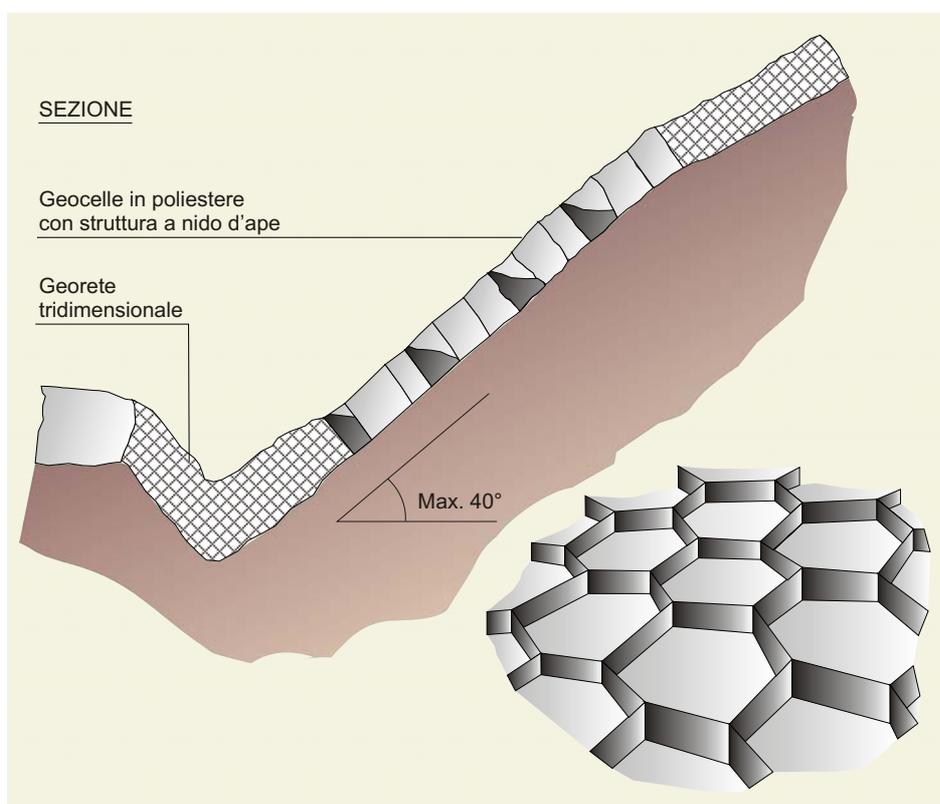
Quando possibile è sempre opportuno abbinare alle geocelle la messa a dimora di piantine o talee.

## Applicazioni

Le geocelle possono essere utilizzate nell'ambito di interventi di stabilizzazione di pendii in frana, nel controllo dell'erosione e stabilizzazione di rilevati artificiali, nella stabilizzazione delle coperture di discariche e nel recupero ambientale delle cave.

L'inclinazione massima su cui possono essere utilizzate è intorno ai 40° sull'orizzontale.

Struttura di una geocella a "nido d'ape" o "alveolare". La morfologia romboidale delle celle è ottenuta per saldatura di strisce di polietilene ad alta densità con spessore maggiore o uguale a 1,2 mm.



### ***Generalità***

La realizzazione di rivestimenti vegetali è di norma sufficiente a proteggere gli strati più superficiali del terreno dall'azione aggressiva delle acque correnti meteoriche e superficiali, del vento e delle escursioni termiche. In molti casi lo sviluppo di una copertura vegetale naturale è ostacolato dall'instabilità dello strato superficiale del suolo o dalla scarsità di terreno vegetale ed humus, specie sui pendii rocciosi, e dall'aridità del clima e dai processi di erosione accelerata.

Per vincere la sterilità biologica dei pendii in terra, sono impiegate varie tecniche di semina o di rivestimenti vegetativi (con zolle o tappeti erbosi e/o con materassi e tasche vegetative).

Le tecniche costruttive ed i materiali impiegati sono differenti in relazione alle caratteristiche litologiche, pedologiche, morfologiche e climatiche della zona d'intervento. Generalmente l'inerbimento è abbinato a strutture ausiliarie, che hanno la funzione di ricoprire e fissare la superficie del terreno instabile da trattare. Le tecniche più comuni di inerbimento per semina o per posa in opera di rivestimenti vegetali comprendono:

- *semina a spaglio;*
- *coperture di zolle erbose;*
- *sistema nero-verde;*
- *idrosemina.*

### ***Aspetti ambientali***

I rivestimenti antierosivi di pendii e scarpate realizzati con le tecniche d'inerbimento, hanno un ridotto impatto ambientale. Questi sistemi rappresentano una delle soluzioni più indicate nelle zone di particolare pregio ambientale, dove occorre garantire, oltre all'efficacia tecnico-funzionale anche gli aspetti ecologici, estetico paesaggistici e naturalistici, ad esso connessi.

Queste tecniche infatti, se opportunamente realizzate, consentono un ottimo recupero naturale delle aree degradate, favorendo il consolidamento dei pendii, lo sviluppo successivo della copertura vegetale e/o il ripristino degli ecosistemi naturali danneggiati.

Inerbimento mediante la tecnica dell'Idrosemina di un'opera di sostegno in terra rinforzata. Nell'immagine si può osservare la buona riuscita dell'intervento a distanza di pochi mesi dall'ultimazione dei lavori.



## **Descrizione e Caratteristiche**

### **Semina a spaglio**

**L**a semina a spaglio è una tecnica di copertura del terreno con tappeto erboso o specie arboree utilizzata negli interventi antierosivi di rivestimento di scarpate e pendii.

Questo tipo di semina è eseguito su pendii caratterizzati da pendenze basse (maggiore di 20°), per evitare l'asportazione dei semi e facilitare il lavoro degli operatori, e dalla presenza di un suolo relativamente fertile. Prima di procedere alla semina, occorre preparare il terreno eliminando i ciottoli più grossi e ammendandolo, con apporto di terreno vegetale o compost organico.

La semina può essere eseguita manualmente o con idonei mezzi meccanici, spargendo sul terreno umido un miscuglio standard di sementi selezionate (variabile tra 10 e 50 g/m<sup>2</sup>) o di fiorume (gli scarti non utilizzati per l'alimentazione degli animali).

Se i semi sono piccoli e leggeri si può aggiungere al miscuglio sabbia o argilla e, contemporaneamente, fertilizzante organico (50 - 150 g/m<sup>2</sup>).

Il periodo della semina dipende dalle condizioni pedoclimatiche del luogo, normalmente il più idoneo è quello compreso tra primavera e inizio autunno.

La semina manuale con solo fiorume viene oggi presa in considerazione limitatamente alla regione alpina al di sopra del limite del bosco, o in casi particolari sempre in aree montane qualora non sia più utilizzabile la semente in commercio.

Il fiorume non è reperibile in commercio ed è disponibile solo in modica quantità, in genere solo in aree adibite a pascoli. In ogni caso occorre potenziare la semina con l'aggiunta di concime complesso ternario minerale e granulare oppure concime animale.

## **Applicazioni**

**L**e tecniche con semina manuale sono particolarmente indicate nelle aree collinari e montane per il rivestimento, quando si vuole ottenere in tempi brevi un'efficace copertura vegetale per il consolidamento e la protezione dall'erosione superficiale di pendii e scarpate, naturali o artificiali, con basse pendenze.

## **Descrizione e Caratteristiche**

### **Inerbimento con copertura di zolle erbose**

**L'**inerbimento realizzato con la posa di zolle o di tappeti erbosi, è una tecnica che viene utilizzata prevalentemente dove le piote o le zolle erbose sono facilmente disponibili in seguito alle operazioni di scotico preliminari ai movimenti terra per la realizzazione delle opere di sistemazione idraulico-forestale. In questi casi è utile quindi prelevare le zolle erbose ed utilizzarle per la successiva ricopertura delle scarpate nude. Tale intervento si rende oltremodo utile per le opere in quota dove l'attecchimento è più difficile.

Le zolle erbose che si ricavano in cantiere dovrebbero essere prelevate delle dimensioni più grandi possibili assieme al terreno compenetrato dalle radici e quindi conservate in modo idoneo. Per garantire la conservazione dell'integrità delle zolle erbose ed evitare il loro deterioramento per asfissia, mancanza di luce o disseccamento, è consigliabile non lasciare accatastato il materiale per troppo tempo, e cercare di effettuare il trasporto sul luogo d'impiego il più rapidamente possibile.

La posa in opera del rivestimento dipende dalla forma delle porzioni delle cotiche erbose e dalla loro composizione specifica. L'inerbimento, se realizzato a scacchiera od a strisce, riduce i costi e consente una copertura totale del pendio. Nel caso che le specie usate non riescano ad attecchire ed a colonizzare gli spazi vuoti, è opportuno riportare uno strato di terreno vegetale ed eseguire un trattamento con idrosemina. In questo caso, la sistemazione evidenzierà la sua natura artificiale per decenni.

Sono disponibili in commercio anche tappeti erbosi a rotoli: essi sono però indicati solo per il rivestimento di scarpate finemente livellate e non troppo ripide, a causa dell'omogeneità del miscuglio di semi usati e per il loro esiguo spessore.

Su pendii ripidi le zolle sono fissate con paletti che non debbono sporgere oltre la superficie della zolla.

Se la pendenza non è troppo elevata, con questo sistema è anche possibile rivestire fossi o canalette superficiali utilizzati per il deflusso delle acque di apporto meteorico lungo le scarpate.

## **Applicazioni**

**L'**inerbimento con la posa di zolle o di tappeti erbosi è impiegato soprattutto per la riqualificazione ambientale e la protezione dall'erosione ed il consolidamento di scarpate e pendii, fossi e canalette.

Inerbimento di un pendio mediante la tecnica della semina potenziata col sistema nero-verde. In primo piano è possibile osservare un tratto di pendio trattato da poco con l'erba in fase di crescita, mentre sullo sfondo la copertura vegetale ha già raggiunto un buon livello e le scarpate si presentano completamente inerbite.



## Descrizione e Caratteristiche

### Inerbimento con sistema Nero-Verde

Il metodo Nero-Verde consiste nella formazione di una pellicola protettiva bituminosa sopra uno strato di paglia o di cellulosa sul quale sono stati sparsi semi e concimi. Tale sistema rappresenta una delle prime tecniche di semina potenziata introdotta negli interventi di inerbimento e consolidamento di versanti soggetti a fenomeni erosivi in alta quota, oltre i limiti del bosco.

I procedimenti esecutivi del sistema Nero-Verde, richiedono un complesso ed accurato svolgimento manuale ed in più fasi (difficoltoso soprattutto sulle lunghe scarpate e sulle superfici più ripide e scoscese), che comporta una forte incidenza dei costi della manodopera, nonché effetti estetici criticabili. Le fasi principali sono le seguenti:

- preparazione del terreno con eventuale riporto di terreno vegetale;
- stesa di uno strato continuo di paglia di segale, fieno o di altri cereali. La paglia deve essere asciutta per evitare che i semi si attacchino allo strato più superficiale. Le operazioni di sfogliatura delle balle di paglia e la stesa devono essere eseguite a mano per garantire l'uniformità della stesa. Inoltre la paglia può essere preventivamente irrorata con enzimi che ne accelerino la decomposizione;
- distribuzione con semina a spaglio di un apposito miscuglio di sementi sopra il letto di paglia mescolata a concime minerale od organico;
- asperzione di un'emulsione bituminosa instabile, diluita in acqua, per stabilizzare fisicamente lo strato di paglia ed evitare erosioni da parte del vento e dell'acqua;
- su terreni molto pendenti il suolo viene preventivamente consolidato mediante la posa di reti o griglie metalliche, sintetiche o in fibre organiche a maglia stretta fissate al suolo con graffe metalliche e successivamente inerbite.

La quantità e la qualità dei singoli elementi da impiegare nella miscela sono scelti sulla base di un'attenta analisi dei luoghi, valutando in special modo i fattori pedologici e climatici, scegliendo in giusta proporzione le essenze erbacee, graminacee, leguminose ed eventualmente quelle arboree ed arbustive più adatte alle condizioni del luogo in cui si opera.

L'intervento deve essere effettuato in genere durante i mesi più umidi.

Il reticolo di paglia con emulsione idrobituminosa forma uno strato protettivo che assolve alle seguenti funzioni:

- riduzione dell'azione erosiva da parte delle acque di pioggia e/o del vento;
- protezione e preservazione delle sementi dalla perdita per dilavamento o per predazione da parte di animali (uccelli, roditori ed altro);
- creazione di un particolare microclima, in prossimità del terreno, favorevole alla crescita della vegetazione, in seguito al mantenimento dell'umidità e attenuazione degli sbalzi termici;
- degradazione lenta dello strato protettivo che si trasforma in un substrato favorevole allo sviluppo della vegetazione.

## Applicazioni

Questo sistema è indicato soprattutto in situazioni critiche, caratterizzate da scarsità di suolo vegetale e condizioni climatiche severe con siccità, piogge violente e frequenti sbalzi termici, come quelle che si riscontrano in alta montagna, ed in tutti gli altri casi dove si vuole ottenere un rapido inerbimento e consolidamento dei pendii per limitare i processi di degrado idrogeologico ed ambientale dei versanti, dovuti a cause naturali e antropiche.

E' una tecnica molto costosa che oggi si usa solo per casi particolari in alta quota.

## **Descrizione e Caratteristiche**

### **Idrosemina**

**L'** inerbimento ed il consolidamento mediante idrosemina consistono nello spruzzare ad alta pressione, sul terreno preventivamente preparato, una soluzione di acqua, semi, collante ed altri eventuali componenti.

La possibilità di variare in molti modi la composizione delle miscele, rende l' idrosemina adatta alla soluzione di quasi tutti i problemi di rinverdimento. L'efficacia di questo sistema sarà però assicurata generalmente solo se esso verrà utilizzato in abbinamento ad altre tecniche sia di protezione che di regimazione delle acque meteoriche. Questa tecnica è adatta a coprire grandi e medie superfici anche a elevata pendenza e scarpate con scarsa copertura.

Un componente spesso presente nelle idrosemine è il mulch, termine con cui ci si riferisce a tutti quei materiali che aggiunti alla miscela conferiscono una maggiore resistenza meccanica e capacità di ritenzione idrica.

In relazione alla composizione della miscela si distingue tra:

#### ***Idrosemina di base e Idrosemina con mulch***

##### **idrosemina di base:**

Preparazione del letto di semina con eventuale eliminazione dei ciottoli presenti tramite rastrellatura.

Distribuzione mediante l'impiego di motopompe volumetriche (non devono danneggiare i semi), dotate di agitatore meccanico che garantisca l'omogeneità della miscela, montate su mezzi mobili di una particolare miscela base costituita da rapporti variabili di: acqua, miscuglio di sementi di specie erbacee e facoltativamente arbustive idonee alla stazione (35-40 g/mq), fertilizzante organo-minerale bilanciato (150 g/mq), leganti o collanti, sostanze ammendanti, fitoregolatori atti a stimolare la radicazione delle sementi e lo sviluppo della microflora del suolo.

E' adatta su terreni in cui è presente un' abbondante frazione fine e colloidale, ma con inclinazioni non superiori a 20°.

##### **Idrosemina con mulch:**

Alla miscela dell' "idrosmina base" si devono aggiungere fibre di legno o paglia in ragione di non meno di 180 g/mq. Le fibre devono essere per il 20% almeno lunghe 10 mm; nelle situazioni meno gravose il 50% del mulch potrà essere costituito da pasta di cellulosa. Il mulch deve avere caratteristiche chimiche che non siano sfavorevoli alla crescita della vegetazione. Il collante sarà a base naturale ed in quantità non inferiore a 5,5 g/mq.

E' un' idrosemina particolarmente adatta su terreni con le stesse caratteristiche della prima ma con inclinazioni fino a 35° e con presenza di fenomeni erosivi intensi.

Inerbimento di una scarpata mediante idrosemina. L'idrosminatrice è costituita da un serbatoio, una pompa e da un distributore girevole (tipo cannoncino antincendio) che permette l'aspersione della miscela di acqua, miscuglio di sementi, fertilizzanti, collanti ed altre sostanze ammendanti del terreno sulla superficie della scarpata da trattare.



### **idrosemina a fibre legate:**

Sono idrosemine in cui alla miscela dell' "idroesmina base" si aggiunge un mulch di fibre di legno, in quantità di almeno 350g/mq e per il 50% lunghe almeno 10 mm. Il collante dovrà essere molto viscoso ed in grado di creare legami tenaci tra le fibre; la quantità di collante sarà almeno di 35 g/mq e comunque in ragione del 10%.

E' una idrosemina con un forte potere protettivo ed elevata capacità di ritenzione idrica. E' adatta a terreni fortemente erodibili con inclinazione fino a 50°-60°, mediamente poveri di materia organica e di frazione fine.

### **idrosemina a spessore:**

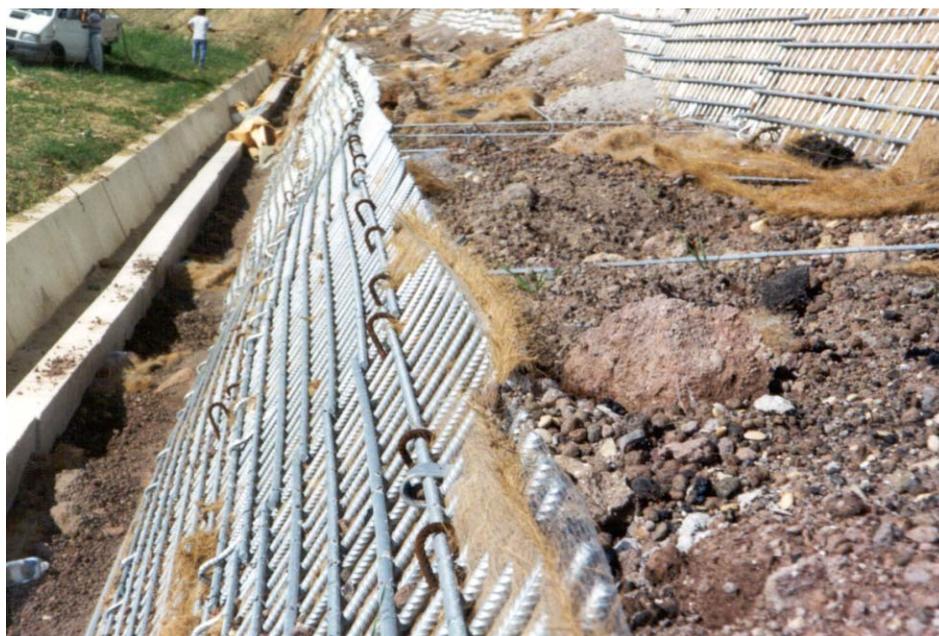
Alla miscela dell' "idroesmina base" si aggiunge mulch in fibre di legno in ragione di almeno 250 g/mq. Almeno il 20% delle fibre avrà lunghezza di 10 mm. Inoltre verrà impiegata materia organica sotto forma di torba in ragione di almeno 250 g/mq. Quando il terreno è molto argilloso si potranno aggiungere 100 g/mq di compost. Nei terreni molto sassosi si potrà arrivare a quantità di mulch di torba pari a 350 g/mq rispettivamente. L'idrosemina verrà realizzata in due passate, lasciando asciugare la prima. Nella seconda passata si spruzzerà solo mulch e collante. Nelle terre rinforzate od in condizioni particolarmente difficili a causa di pendenze elevate si aggiungerà una ulteriore passata con 100 g/mq di mulch di fibre di legno e 100 g/mq di paglia tritata. Questo tipo di idrosemina è adatto alle situazioni in cui il substrato è particolarmente povero di materiale organico, è sassoso o costituito da rocce tenere alterate

## **Applicazioni**

**L**e tecniche con idrosemina sono impiegate soprattutto nelle situazioni in cui il terreno si trova completamente denudato e privo di copertura organica con ripristini vegetazionali che consentano di generare in tempi brevi un manto vegetale di protezione. Le applicazioni più comuni comprendono:

- protezione dall'erosione di sponda;
- protezioni di superfici soggette a movimenti di terra a causa di lavori per la costruzione di opere, di sistemazioni superficiali e riprofilature di scarpate in scavo e in rilevato.
- sistemazione di scarpate e di conoidi;
- recupero ambientale e ripristino naturale di cave e discariche,
- inerbimenti di piste da sci.

Sistemazione di una scarpata di un rilevato stradale in terra rinforzata. Nell'immagine in primo piano è visibile la biostuoia che ha il compito di trattenere il materiale fino a permettere l'esecuzione dell'idrosemina per il rinverdimento finale dell'opera



Idrosemina a forte spessore in alta quota su cono di detrito, prima (sopra) e dopo (sotto) l'inerbimento.

