

## 14.1 Interventi antierosivi

### 14.1.1 Semina a spaglio

*Funzioni:* copertura e completamento su versanti soggetti ad erosione e su sponde.

*Descrizione:* consiste nella semina manuale di un miscuglio di sementi di specie selezionate e, se necessario, di fertilizzanti. Spesso si usa a completamento di altri tipi di opere di stabilizzazione.

*Descrizione da voce di capitolato:* rivestimento di superfici di scarpata mediante spargimento manuale a spaglio di idonea miscela di sementi e di eventuali concimanti organici e/o inorganici in quantità e qualità opportunamente individuate.

La composizione della miscela e la quantità di sementi per metro quadro sono stabilite in funzione del contesto ambientale ovvero delle caratteristiche geolitologiche e geomorfologiche, pedologiche, microclimatiche floristiche e vegetazionali della stazione (in genere valgono quantità da 30 a 60 g/m<sup>2</sup>). La provenienza delle sementi e germinabilità dovranno essere certificate.

*Effetto:* l'inerbimento è veloce e permette di ottenere rapidamente la protezione delle superfici dai fenomeni di erosione superficiale.

*Campi d'applicazione:* aree sulle quali è necessaria una rapida protezione del terreno da fenomeni erosivi superficiali, o un'integrazione di precedenti operazioni di semina e versanti poco inclinati caratterizzati da fenomeni erosivi poco incisivi in ambiente con microclima fresco.

La presenza di una copertura erbacea continua sul versante in frana può contribuire a limitare l'infiltrazione delle acque meteoriche all'interno dei corpi di frana e quindi a ridurre un possibile incremento delle pressioni neutre.

*Modalità di dimensionamento e limiti di applicabilità:* si prevedono le seguenti verifiche principali, basate sulla quantificazione delle grandezze necessarie:

- verifica idraulica (per i valori di portata significativa in condizioni di moto uniforme o permanente o vario, valutazione di livelli idrici, tensione tangenziale, velocità, ecc.);
- stabilità del pendio (in diverse condizioni di carico e di drenaggio);
- protezione dall'erosione superficiale e/o incanalata;

- la tecnica non è idonea su versanti o sponde con pendenze >20° o su terreni poveri di suolo e soggetti a dilavamento.

*Materiali impiegati:*

- sementi di specie autoctone. I miscugli di sementi saranno scelti in base alle caratteristiche stagionali della località dell'intervento, si utilizzeranno specie capaci di produrre velocemente il manto protettivo, alcune formando un reticolo superficiale di rizomi, altre spingendo le radici in profondità. La provenienza delle sementi e la percentuale di germinabilità devono essere certificate. Distribuzione delle sementi: 10 ÷ 100 g/m<sup>2</sup>;
- concimi e fertilizzanti: si possono aggiungere, secondo i casi, torba, sabbia o ammendanti di vario tipo e, se necessario dopo la semina, fertilizzanti organici (30 ÷ 100 g/m<sup>2</sup>).

*Modalità di esecuzione:* la prima fase consiste nella preparazione del terreno che deve essere ben drenato. È utile disporre di uno strato superficiale di terreno soffice e ricco di humus e perciò, quando è necessario, se ne migliorano le caratteristiche chimiche e fisiche con ammendanti e concimi.

Il terreno deve essere lavorato manualmente o meccanicamente; quindi si rastrella e si rimuovono sassi e radici. Si compatta poi il terreno con un rullo, scegliendo un momento in cui è asciutto.

A questo punto si procede alla semina a spaglio. Per evitare di seminare due volte la stessa superficie o di lasciare spazi non seminati, è opportuno delimitare strisce larghe 1 m circa con dei picchetti e procede su queste con il lavoro. Infine si rastrella la superficie seminata e, se si ritiene opportuno, si distribuisce del fertilizzante organico.

*Accorgimenti:* con substrati argillosi o comunque poco permeabili è opportuno, nella fase di preparazione del terreno, realizzare fossi di scolo e drenaggi.

*Vantaggi:* l'esecuzione è semplice e conveniente anche per piccole superfici. Permette di ottenere rapidamente il rivestimento, contribuendo in modo efficace ad evitare l'erosione superficiale. Particolarmente indicata per interventi integrativi.

*Svantaggi:* la funzione di protezione del suolo esercitata dal manto erboso è superficiale. L'azione più profonda è esercitata da arbusti ed alberi.

**Periodo di intervento:** all'inizio del periodo vegetativo. Su molti interventi di ingegneria naturalistica la semina costituisce l'operazione finale.

**Manutenzione:** annaffiatura, concimazione e taglio quando si ritenga necessario.

**Analisi prezzi:** cfr. **tabella 14.1**.

**Ambito di applicazione dei processi di semina per opere di consolidamento:** i singoli processi di semina possono essere applicati solo in am-

biti specifici, di ampiezza diversa, indicati nella **tabella 14.2**. La quantità di sementi, concimi, ammendanti, pacciamanti e collanti applicate per m<sup>2</sup> di superficie, devono essere comprese nei limiti indicati nella **tabella 14.3**.

#### 14.1.2 Semina con fiorume

**Funzioni:** copertura e completamento su versanti soggetti ad erosione e su sponde.

**Descrizione:** consiste nel disporre sulla super-

**Tab. 14.1 - Semina a spaglio: analisi dei prezzi**

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo
<b>a) Manodopera:</b>				
Operaio specializzato	Ora	0,00		
Operaio qualificato	Ora	0,00		
Operaio comune	Ora	0,02		
<b>b) Noli:</b>				
<b>c) Materiali:</b>				
Miscela per sementi 50 g/m <sup>2</sup>	Kg	0,05		
<b>Prezzo di applicazione</b>			<b>Euro/m<sup>2</sup></b>	<b>0,41 ÷ 0,77</b>
			<b>£/m<sup>2</sup></b>	<b>800 ÷ 1.500</b>

**Tab. 14.2 - Semina a spaglio: ambiti specifici**

	Processo	Stato del suolo vegetale					Clima					Pericolo di erosione e/o frane				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	U/sc	■	■	■			■	■				■	■	■		
2	U/sck	■	■	■			■	■	■			■	■	■	■	
3	U/sca	■	■	■	■		■	■	■	■		■	■	■	■	■
4	U/scp	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
5	U/scka	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
6	U/scap	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
7	U/sckp o S/sckp	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
8	U/sckap o S/sckap	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Legenda:

U = processi a umido;  
S = processi a secco;  
s = semente;  
c = concime;  
k = collante;  
a = ammendante;  
p = pacciamante.

■ Spesa minima  
■ Spesa media  
■ Spesa massima

▶ } I processi indicati sono ancora limitatamente validi

Fonte: M. Di Fidio, *Capitolato speciale d'appalto per opere di costruzione del Paesaggio*, 1970.

**Tab. 14.3** - *Semina a spaglio: quantità di concimi, ammendanti pacciamanti e collanti per m<sup>2</sup> di semina*

N.	Sostanze	Quantità			Unità di misura
1	Sementi (essiccate ad aria):				
	a) più di 800 semi per g, come media della miscela;	10	15	20	g
	b) 100-800 semi per g;	15	20	30	g
	c) meno di 100 semi per g.	20	40	60	g
2	Concimi:				
	a) concimi minerali (secchi) (ad es. N.P.K.=12.12.17);	30	50	70	g
	b) concimi organici (da umidi a secchi) (ad es. N.P.K.=7.2.2).	50	100	150	g
3	Ammendanti:				
	a) argilla e limo (da umidi a secchi);	125	250	375	g
	b) lava spugnosa, pomice, silicati trattati ecc. (da umidi a secchi);	500	1.000	1.500	g
	c) sostanze organiche: torba, cellulosa;	20	40	8	l
	d) terriccio a terra (umidi);	100	150	200	g
	e) idrosilicati (secchi);	1.000	3.000	5.000	g
	f) materiali espansi sintetici (secchi).	80	150	200	g
		15	25	40	l
4	Pacciamate (paglia, fieno ecc. - secchi):				
	a) con semina ad umido;	250	350	450	g
	b) con semina a secco.	300	450	600	g
5	Collanti:				
	a) bitumi per semine ad umido (25%-30% in peso di emulsioni in acqua);	150	250	300	g
	b) bitumi per semine a secco 25%-30% in peso di emulsioni in acqua);	250	500	750	g
	c) dispersioni di sostanze plastiche (liquide);	20	40	60	g
	d) emulsioni di sostanze plastiche (liquide);	10	30	50	g
	e) concentrati di sostanze plastiche (liquidi);	50	10	15	g
	f) colle organiche (secche);	100	150	250	g
g) metilcellulosa(secca).	20	40	60	g	

Fonte: M. Di Fidio, *Capitolato speciale d'appalto per opere di costruzione del Paesaggio*, 1970.

ficie da inerbire lo sfalcio, che porta il fiorume con i semi, prelevato da formazioni erbacee in zone con caratteristiche stazionali analoghe a quelle dell'area di intervento.

*Descrizione da voce di capitolato:* rivestimen-

to di superfici di scarpata mediante lo spargimento manuale a spaglio di fiorume (ovvero miscuglio naturale di sementi derivato da fienagione su prati stabiliti naturali dell'area d'intervento) e di eventuali concimanti organici e/o inorganici in quantità e qualità oppor-

tunamente individuate. La quantità di fiorume per m<sup>2</sup> è stabilita in funzione del contesto ambientale ovvero delle condizioni edafiche, microclimatiche e dello stadio vegetazionale di riferimento, delle caratteristiche geolitologiche e geomorfologiche, pedologiche, microclimatiche floristiche e vegetazio-nali della stazione ed è in genere tra 30 e 60 g/m<sup>2</sup>.

**Effetto:** protezione del suolo dall'erosione superficiale.

**Campi di applicazione:** dove sia necessaria l'utilizzazione di sementi non reperibili in commercio e si voglia intervenire con specie autoctone, per esempio in aree di pregio o soggette a tutela particolare quali parchi e aree protette. Gli interventi d'inerbimento forniscono una protezione del suolo nei confronti dell'erosione superficiale. Inoltre, sui versanti in frana possono contribuire a limitare l'infiltrazione delle acque meteoriche all'interno del corpo di frana e quindi a ridurre un possibile incremento delle pressioni neutre.

**Modalità di dimensionamento e limiti d'applicabilità:** si prevedono le seguenti verifiche principali, basate sulla quantificazione delle grandezze necessarie:

- *verifica idraulica* (per i valori di portata significativa in condizioni di moto uniforme o permanente o vario, valutazione di livelli idrici, tensione tangenziale, velocità, ecc.);
- stabilità del pendio (in diverse condizioni di carico e di drenaggio);
- protezione dall'erosione superficiale e/o incanalata;
- la tecnica non è idonea su versanti o sponde con pendenze >20° o su terreni poveri di suolo e soggetti a dilavamento, in questi casi la semina con sfalcio richiede l'impiego di supporti antierosivi.

**Materiali impiegati:**

- sfalcio in quantità sufficiente a coprire completamente la superficie da inerbire;

- teloni per raccogliere il materiale prelevato;
- attrezzi per il taglio dell'erba;
- strutture idonee alla conservazione del materiale;
- supporto antierosivo di copertura, se necessario;
- fertilizzanti organici: 50 ÷ 100 g/m<sup>2</sup>.

**Modalità di esecuzione:** per prelevare il materiale vegetale tramite sfalcio si individuano zone con caratteristiche stazionali paragonabili a quella su cui sarà eseguito l'intervento, quindi si verifica che non vi siano state effettuate semine negli ultimi 3 ÷ 4 anni prima di procedere al prelievi. Si esegue lo sfalcio a mano o con falciatrici meccaniche e si depone il materiale prelevato su teli, avendo cura di non disperdere i semi durante le operazioni di prelievo e di trasporto. All'inizio della stagione vegetativa si procede alla semina della superficie da inerbire con lo sfalcio fino a ricoprimento completo di essa e, se si ritiene necessario, si aggiungono fertilizzanti.

**Accorgimenti:** l'area da cui prelevare il materiale deve essere scelta accuratamente. Il materiale sfalcio deve essere conservato in ambiente asciutto con le dovute precauzioni, tenendo presente che può essere attaccato da animali granivori.

**Vantaggi:** questa tecnica rende possibile la ricostituzione di un manto erboso che tenda verso dinamiche paranaturali.

**Svantaggi:** la tecnica richiede molta mano d'opera ed una struttura idonea per la conservazione dello sfalcio dal momento della raccolta a quello della posa in opera.

**Periodo di intervento:** per assicurare le sementi sia delle fioriture primaverili sia di quelle più tarde si eseguono sfalci alla fine della primavera e alla fine dell'estate o anche più tardi se lo studio della vegetazione indica la presenza di specie che lo richiedono. Si procede alla semina all'inizio della stagione vegetativa.

**Tab. 14.4 - Semina con fiorume: analisi dei prezzi**

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo
<i>a) Manodopera:</i>				
Operaio specializzato	Ora	0,00		
Operaio qualificato	Ora	0,00		
Operaio comune	Ora	0,05		
<i>b) Noli:</i>				
<i>c) Materiali:</i>				
(*)Miscela per sementi 50 g/m <sup>2</sup>	Kg	0,05		
<b>Prezzo di applicazione</b>			<b>Euro/m<sup>2</sup></b>	<b>0,7 ÷ 1,39</b>
			<b>£/m<sup>2</sup></b>	<b>1.350 ÷ 2.700(**)</b>

(\*) Il fiorume viene appositamente raccolto *in situ* nel corso dell'anno da personale specializzato.

(\*\*) Non comprensivo del materiale.

**Manutenzione:** annaffiatura, concimazione e taglio quando si ritenga necessario.

**Analisi prezzi:** si veda la **tabella 14.4**.

#### 14.1.3 Semina a paglia e bitume (sistema Schiechteln®)

**Descrizione sintetica:** realizzazione di un inerbimento su di una superficie piana o inclinata mediante la semina di un miscuglio di sementi di specie erbacee selezionate e idonee al sito, su di un letto di paglia distribuita uniformemente ed espersione di un emulsione bituminosa instabile con funzione protettiva, mediante l'uso di pompe irroratrici a zaino, esclusa la preparazione del piano di semina.

**Voce di capitolato:** rivestimento di superfici povere di sostanza organica mediante:

- spargimento manuale di paglia a fibra lunga a formare uno strato continuo di 2 ÷ 4 cm di spessore;
- semina a spaglio con miscela di specie idonea alle condizioni locali;
- spargimento di concimanti organici ed inorganici;
- bitumatura a freddo mediante soluzione idrobituminosa spruzzata a pressione atta a formare una pellicola protettiva e di fissaggio della paglia e dei semi.

La composizione della miscela e la qualità di sementi per m<sup>2</sup> sono stabilite in funzione del contesto ambientale ovvero delle condizioni edafiche, microclimatiche e dello stadio vegetazionale di riferimento (in genere si prevedono 30 ÷ 40 g/m<sup>2</sup>). La provenienza e germinabilità delle sementi dovranno essere certificate.

**Modalità di esecuzione:**

- preparazione del terreno con eventuale riparto di terreno vegetale (spessore di 3 ÷ 4 cm);
- eventuale messa a dimora di talee:
  - preparazione delle buche per mezzo di stanghe di ferro;
  - posa in opera delle talee (6 talee per metro quadro).

Nel caso si dovesse intervenire in periodi diversi da quello primaverile le talee portebbero essere sostituite da paletti di legno di qualsiasi specie o da picchetti di ferro.

- spargimento di uno strato continuo di paglia di segale o di altri cereali o di fieno (0.3 ÷ 1 kg/m<sup>2</sup>). Il materiale a culmo lungo è idoneo per una più rapida ed economica distribuzione e per una migliore e duratura protezione del terreno in quanto interviene una possibile asportazione a causa di eventi naturali;
- collegamenti delle talee con filo di ferro (Ø 6 mm) o con corda, fissato a picchetti e steso in diagonale dall'alto verso il basso;
- semina di un apposito miscuglio di sementi foraggere e di piante rustiche (10 ÷ 50 gr/m<sup>2</sup>) eseguita a spaglio sopra lo strato di paglia;

- distribuzione di concime organico (50 ÷ 150 gr/m<sup>2</sup>);
- aspersione di un'emulsione bituminosa stabile tramite motopompa (700 gr/m<sup>2</sup>) già diluita in acqua per stabilizzare fisicamente lo strato di paglia ed evitare erosioni da parte del vento o dell'acqua.

**Note:** la paglia viene trasportata sul posto in balle pressate e con paglia asciutta, onde evitare che, all'atto della semina il seme rimanga attaccato allo strato più superficiale del manto vegetale distribuito. La sfogliatura delle balle di paglia va eseguita a mano per evitare che si formino ammassi eterogenei. Al fine di favorire la degradazione della paglia si può arricchirla con enzimi.

**Vantaggi:** il metodo sopra descritto assolve a diverse funzioni:

- riduzione dell'effetto erosivo delle precipitazioni atmosferiche e del vento;
- riduzione delle perdite di seme per dilavamento a causa della predazione degli animali (uccelli, roditori, insetti);
- realizzazione di un particolare microclima in prossimità del terreno sia in relazione alla temperatura (minori sbalzi termici) che all'umidità (riduzione dell'evaporazione): "effetto serra".

**Accorgimenti:** sui terreni con pendenza elevata, il suolo potrà eventualmente essere consolidato mediante la posa di reti o griglie metalliche, sintetiche o in fibra naturale a maglia stretta fissate al suolo con graffe e successivamente inerbite. È un metodo idoneo anche per inerbire superfici caratterizzate da suoli poco profondi e aridi o situate a quote elevate (piste da sci).

Il miscuglio di sementi deve essere distribuito in maniera omogenea e, perciò, nel caso in cui le sementi siano di dimensioni e pesi diversi è consigliato effettuare la semina in più fasi. L'aspetto economico è legato all'eventuale messa dimora delle talee e alla posa di reti o di griglie.

**Periodo di intervento:** il periodo più adatto è quello primaverile.

**Analisi prezzi:** cfr. **tabella 14.5**.

#### 14.1.4 Semina con matrice a fibre legate

**Descrizione sintetica:** è un prodotto naturale, derivato dalla lavorazione del legno, che viene spruzzato assieme ad altri prootti nella idrosemnatrice e sostituisce le tradizionali georeti (juta, cocco, paglia).

**Voce di capitolato:** rivestimento di superficie con una matrice antierosiva mediante spargimento meccanico in un unico passaggio a mezzo di idrosemnatrice a pressione con ugelli spe-

Tab. 14.5 - Semina a paglia e bitume: analisi dei prezzi

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo
<i>a) Manodopera:</i>				
Operaio specializzato	Ora	0,00		
Operaio qualificato	Ora	0,02		
Operaio comune	Ora	0,04		
<i>b) Noli:</i>				
Autocarro	Ora			
Pompa irroratrice	Ora	0,02		
<i>c) Materiali:</i>				
Paglia	Kg	1		
Bitume	Kg	0,7		
Ammendanti	Kg	0,1		
Miscela per sementi 50 g/m <sup>2</sup>	Kg	0,05		
<b>Prezzo di applicazione</b>			<b>Euro/m<sup>2</sup></b>	<b>1,81 ÷ 2,69</b>
			<b>£/m<sup>2</sup></b>	<b>3.500 ÷ 5.200</b>

ciali per garantire l'applicazione a distanza e lo spargimento omogeneo del prodotto.

*Materiali impiegati:* l'idrosemina sarà composta da matrice fibre legate ovvero:

- 88% fibre vergini di ontano prodotte termomeccanicamente e per questo esenti datannino con lunghezza di 10 mm per oltre 50%;
- 10 %di collante premiscelato polisaccaride estratto dal egume di Guar con capacità di creare legami stabili tra le fibre ed il terreno. Le caratteristiche del collante Full Tack sono l'alta viscosità (oltre 14.000 cps) e di non dilavare se ribagnato; questo rende le fibre legate resistenti alla trazione;
- 2% di attivatori organici e minerali atti a stimolare la germinazione. Alla matrice di fibre legate si dovranno aggiungere le altre componenti (le quantità potranno variare in funzione del contesto ambientale);
- miscela di sementi idonea alle condizioni locali in quantità minima di 35 gr/m<sup>2</sup>;
- concime organico minerale bilanciato in quantità di circa 120 gr/m<sup>2</sup>;
- acqua in quantità di circa 7 lt/m<sup>2</sup>.

*Ambiti di applicazione:* la matrice a fibre legate è adatta per le applicazioni che richiedono un controllo temporaneo dell'erosione fino allo stabilirsi della vegetazione; in particolare per il controllo dell'erosione superficiale causata dal vento o dalle piogge su aree trattate. La matrice a fibre legate può essere applicata anche su scarpate non regolarizzate.

*Vantaggi:*

- aderenza perfetta alla superficie del terreno, che consente di evitare rigonfiamenti e ruscellamenti sotterranei;
- l'applicazione in un solo passaggio non necessita della stesura della rete e del fissaggio

dei chiodi riducendo notevolmente i tempi e i costi di manodopera;

- la matrice a fibre legate lega il seme e il fertilizzante al suolo, ma permette all'umidità, alla luce del sole e alle piante di penetrarla. Crea perciò un microclima per la germinazione e la crescita della vegetazione. Inoltre non sottrae al suolo azoto e non impedisce alla vegetazione già esistente di crescere;
- una volta asciutta, la matrice a fibre legate diventa un tappeto flessibile che minimizza anche l'impatto della pioggia pesante ed agendo da idroretentore, rilascia poi lentamente l'umidità al terreno. Anche quando è completamente satura, la matrice resta aderente al terreno. Il risultato è una notevole riduzione della perdita d'acqua e di terreno uguale o addirittura superiore delle tradizionali coperture di stuoie;
- poichè la matrice a fibre legate richiede meno manodopera e molto meno tempo per l'applicazione, il costo totale di un'applicazione è significativamente minore dei tradizionali sistemi di controllo per l'erosione;
- il prodotto è atossico e completamente biodegradabile ed è formato da una miscela di fibre di legno, un agente collante naturale e una miscela di attivatori organici e minerali;
- la matrice a fibre legate viene legata naturalmente, non con reti plastiche, per cui non è dannosa all'ambiente e non lascia residui inquinanti;
- è un sistema facile da applicare e non richiede manutenzione, è facile da trasportare e da immagazzinare.

*Svantaggi:*

- non è adatta per la prevenzione di fenomeni franosi, su terreni che manifestano profonde instabilità o sono soggetti a distacchi della superficie;

- non adatta a controllare l'erosione dove non è prevista la rivegetazione;
- non è adatta al rinverdimento di alvei fluviali o in aree soggette a frequenti innondazioni.

*Note:* la quantità di “matrice a fibre legate” applicata non dovrà mai essere inferiore a 370 gr/m<sup>2</sup> per ottenere una copertura perfetta del suolo e svolgere la funzione di idroretenzione (oltre 900 volte il proprio peso), creando un microclima ideale alla germinazione.

La copertura non dovrà presentare interstizi superiori a 1 mm. Tutte le componenti della matrice di fibre legate sono 100% naturali e contenute in un'unica confezione da 23 kg adatta per la copertura di circa 60 m<sup>2</sup>.

L'applicazione della miscela deve avvenire con idonea idroseminatrice che garantisca l'omogeneità del prodotto e con un tipo di pompa (volumetrica) che mantenga l'integrità della semente.

#### 14.1.5 Idrosemina

*Funzioni:* copertura e completamento su versante.

*Descrizione:* consiste nello spargimento meccanico di una miscela di sementi, fertilizzanti, ammendanti, leganti ed eventualmente fitoregolatori in acqua, effettuato con un dispositivo, idroseminatrice, costituito da una cisterna, una pompa e delle manichette.

I componenti della miscela creano un substrato ottimale per la germinazione dei semi e per le prime fasi di sviluppo delle plantule.

Il collante ha la funzione di legare assieme sementi, concimi ed ammendanti e di aderire bene al terreno, impedendo l'asportazione delle sementi nella fase germinativa, fino alla sua degradazione. L'acqua, oltre a veicolare la miscela, favorisce l'imbibizione delle sementi accelerandone la germinazione ed il primo stadio di sviluppo (fig. 14.1).

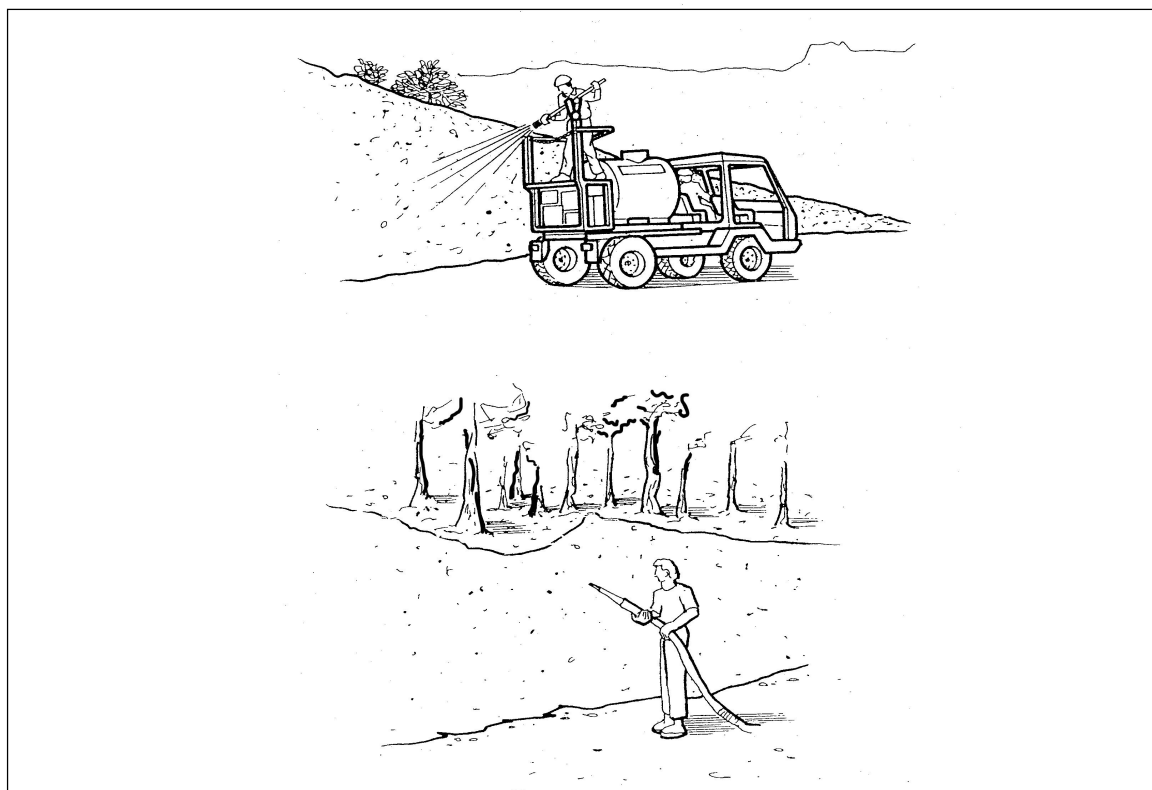
*Descrizione da voce di capitolato:* rivestimento di superfici mediante spargimento meccanico a mezzo di idroseminatrice a pressione atta a garantire l'irrorazione a distanza e con diametro degli ugelli e tipo di pompa tale da non lesionare i semi e consentire lo spargimento omogeneo dei materiali.

L'idrosemina contiene:

- miscela di sementi idonea alle condizioni locali;
- collante in quantità idonea al fissaggio dei semi e alla creazione di una pellicola antierosiva sulla superficie del terreno, senza inibire la crescita e favorendo il trattenimento dell'acqua nel terreno nelle fasi iniziali di sviluppo;
- concime organico e/o inorganico;
- acqua in quantità idonea alle diluizioni richieste;
- altri ammendanti e inoculi.

La composizione della miscela e la quantità di sementi per m<sup>2</sup> sono stabilite in funzione del

Fig. 14.1 - Idrosemina



Fonte: "Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia", 9 maggio 2000.

contesto ambientale ovvero delle condizioni edafiche, microclimatiche e dello stadio vegetazionale di riferimento, delle caratteristiche geolitologiche e geomorfologiche, pedologiche, microclimatiche floristiche e vegetazionali (in genere si prevedono  $30 \div 40 \text{ g/m}^2$ ). La provenienza e germinabilità delle sementi dovranno essere certificate e la loro miscelazione con le altre componenti dell'idrosemina dovrà avvenire in loco, onde evitare fenomeni di stratificazione gravitativa dei semi all'interno della cisterna.

**Effetto:** l'inerbimento è generalmente rapido e quindi si ottiene in maniera veloce la protezione del suolo dall'erosione superficiale operata dalle acque di dilavamento e dal vento.

**Campi di applicazione:** pendii ripidi fino a  $35^\circ$  e fino a  $40^\circ$  nel caso di idrosemine potenziate (fino a  $20^\circ$  idrosemina semplice; fino a  $35^\circ$  idrosemina con *mulch*, cioè con materiali come fibra di paglia, sfarinato di torba, ecc. che migliorano la resistenza meccanica e la capacità di ritenzione idrica; fino a  $50^\circ \div 60^\circ$  con *mulch* a fibre legate, scarpate, versanti rocciosi (particolarmente adatto per le piste da sci). Si tratta di un intervento ad alto gradimento e per questo viene utilizzato talvolta anche in superfici a ridotta inclinazione. Gli interventi di inerbimento, mediante l'impiego prevalente di specie erbacee, forniscono soprattutto una protezione del suolo nei confronti dell'erosione superficiale. Inoltre la presenza di una copertura erbacea continua su tutto il versante in frana può anche contribuire ad una limitazione dell'infiltrazione delle acque meteoriche all'interno del corpo di frana e quindi a ridurre un possibile incremento delle pressioni neutre.

**Modalità di dimensionamento e limiti d'applicabilità:** si prevedono le seguenti verifiche principali, basate sulla quantificazione delle grandezze necessarie:

- verifica idraulica (per i valori di portata significativa in condizioni di moto uniforme o permanente o vario, valutazione di livelli idrici, tensione tangenziale, velocità, ecc.);
- stabilità del pendio (in diverse condizioni di carico e di drenaggio);
- protezione dall'erosione superficiale e/o incanalata.

Si utilizzano da  $1 \div 30 \text{ l/m}^2$  di miscela in funzione dello spessore al suolo che si vuole ottenere. Tale spessore varia di solito tra  $0,5 \div 2 \text{ cm}$  ed è funzione delle caratteristiche stazionali (inclinazione, periodo arido, rischio erosione, ecc.). La tecnica non è idonea su pareti rocciose compatte (pendenza  $> 35^\circ$ ) o particolari formazioni geologiche che vanno lasciate alla rivegetazione spontanea.

**Materiali impiegati:** esistono diversi procedimenti per l'esecuzione di idrosemine, alcuni dei quali sono stati brevettati. Ognuno di essi prevede l'utilizzo di specifici materiali, in dosi pre-

cise. I materiali più comuni sono:

- acqua:  $1 \div 30 \text{ l/m}^2$ ;
- concimi minerali (semplici, complessi, a lenta cessione di azoto) od organici (miscele, prodotti vegetali, stallatico) o ancora organo-minerali:  $50 \div 200 \text{ g/m}^2$ ;
- ammendanti (torba, paglia, cellulosa):  $60 \div 300 \text{ g/m}^2$ ;
- collanti (colloidi organici, colloidi argillo-umici, polimeri di sintesi):  $10 \div 100 \text{ g/m}^2$ ;
- semi di specie erbacee e legnose:  $20 \div 40 \text{ g/m}^2$ ;
- fitoregolatori (ormoni vegetali).

**Modalità di esecuzione:** si miscelano i componenti fino a formare un liquido denso che viene spruzzato con idonee pompe su superfici da rinverdire.

La miscela viene spruzzata fino al raggiungimento dello spessore necessario in base al tipo di superficie; per zone a forte pendenza o con elementi litologici affioranti si possono raggiungere spessori di  $2 \div 4 \text{ cm}$ . In genere lo spessore si aggira nell'ordine di  $0,5 \text{ cm}$ .

Qualora l'area non sia raggiungibile da un'autopompa l'operazione può essere effettuata con l'elicottero.

**Accorgimenti:** su pendii assai ripidi può essere fissata una rete di juta sulla quale spruzzare successivamente la miscela.

**Vantaggi:** tecnica che permette un rinverdimento veloce della superficie interessata. Anche in situazioni moderatamente difficili dal punto di vista pedologico e climatico si riesce ad innescare il processo di ricostituzione della copertura vegetale. Tecnica che consente elevate produttività.

**Svantaggi:** è necessario che il cantiere sia accessibile ai mezzi meccanici (autobotte con pompa); è possibile utilizzare tubi flessibili fino a  $150 \div 200 \text{ m}$  per aumentare il raggio d'azione della pompa.

Se la superficie da rinverdire è sufficientemente grande si sfrutta al meglio la capacità dell'autobotte e si riducono i costi. I costi aumentano se l'operazione deve essere effettuata con l'elicottero.

Non sempre dà buoni risultati in stazioni aride o con elevato rischio di dilavamento superficiale.

**Periodo di intervento:** il periodo di semina deve essere scelto nell'arco dell'anno in base alle caratteristiche della stazione, al grado di ombreggiamento ed al grado di umidità. Sono da evitare i periodi asciutti, in particolare tutto il periodo estivo per le zone costiere e le aree più siccitose. In generale si effettua la semina nel periodo vegetativo.

**Manutenzione:** annaffiatura, concimazione e taglio quando si ritenga necessario.

**Analisi prezzi:** si veda la **tabella 14.6**.



Tab. 14.6 - Idrosemina: analisi dei prezzi

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo
<i>a) Manodopera:</i>				
Operaio specializzato	Ora	0,00		
Operaio qualificato	Ora	0,02		
Operaio comune	Ora	0,02		
<i>b) Noli:</i>				
Idrosemnatrice	Ora	0,020		
<i>c) Materiali:</i>				
Miscela per sementi	Kg	0,04		
Fertilizzanti organici	Kg	0,06		
Collante organico	Kg	0,07		
<b>Prezzo di applicazione</b>			<b>Euro/m<sup>2</sup></b>	<b>1,11 ÷ 1,65</b>
			<b>£/m<sup>2</sup></b>	<b>2.150 ÷ 3.200</b>

#### 14.1.6 Idrosemina a spessore

**Descrizione sintetica:** realizzazione di un inerbimento su di una superficie piana o inclinata mediante la semina di un miscuglio di sementi di specie erbacee selezionate e idonee al sito e distribuzione di una miscela composta di fieno o paglia e concime, mediante l'uso di irroratrici, esclusa la preparazione del piano di semina.

**Voce di capitolato (da Ministero Ambiente, Linee guida per i capitolati speciali per interventi di Ingegneria Naturalistica e lavori di opere a verde, 1997):** rivestimento di superfici mediante spargimento meccanico di uno o due strati di idrosemina a spessore (*mulch*) da eseguire a mezzo di idrosemnatrice a pressione atta a garantire l'irrorazione a distanza e con diametro degli ugelli tali e tipo di pompa da non lesionare i semi e consentire lo spargimento omogeneo dei materiali.

L'idrosemina a spessore contiene:

- miscela di sementi idonea alle condizioni locali in quantità minima di 30 g/m<sup>2</sup>;
- *mulch*, ovvero fibra organica (paglia, torba bionda, torba scura, cellulosa, sfarinati, ecc.) in quantità opportune (in genere 200 ÷ 500 g/m<sup>2</sup>) da suddividersi in due o più passate;
- collante in qualità e quantità idonea al fissaggio dei semi e del *mulch*, senza inibire la crescita e favorendo il trattenimento dell'acqua nelle fasi iniziali di sviluppo;
- concime organico e/o inorganico;
- acqua in quantità idonea alle diluizioni richieste;
- altri ammendanti ed inoculi.

La composizione del *mulch* come quella della miscela e la quantità per m<sup>2</sup> sono stabilite in funzione del contesto ambientale ovvero delle condizioni edafiche, microclimatiche e dello stadio vegetazionale di riferimento (in genere si prevedono 30 ÷ 40 g/m<sup>2</sup>), delle caratteristiche geolitologiche e geomorfologiche, pedologi-

che, microclimatiche floristiche e vegetazionali. La provenienza e germinabilità delle sementi e la loro miscelazione con le altre componenti dovranno essere certificate; la miscelazione dovrà avvenire in loco onde evitare fenomeni di stratificazione gravitativa dei semi all'interno della cisterna.

**Campi di applicazione:** adatta per quasi tutte le situazioni. Potendo variare a piacere i componenti della miscela, questa tecnica è idonea a coprire grandi e medie superfici, anche a forte pendenza, terreni grezzi e scarpate con limitata copertura sciolta.

Le ripetute irrorazioni di miscela al fine di formare strati sovrapposti, permette di garantire un'omogenea copertura dell'area da rinverdire, in condizioni di forte pendenza (50° ÷ 60°).

**Modalità di esecuzione:**

- preparazione del letto di semina con eventuale eliminazione dei ciottoli presenti tramite rastrellatura;
- distribuzione del miscuglio di sementi (con idrosemina) di 10 ÷ 50 g/m<sup>2</sup>;
- distribuzione, mediante l'impiego di motopompe montate su di un mezzo mobile, di una miscela composta da più elementi (si veda la voce successiva), effettuata in due o più passate fino a realizzare un rivestimento a spessore pari a 3 ÷ 4 cm; prima di passare alle successive irrorazioni, sarà opportuno aspettare che lo strato sottostante sia asciutto;
- nella seconda passata si spruzzerà solo *mulch* e collante.

**Materiali impiegati:** la miscela è costituita dai seguenti elementi:

- elemento di base costituito da sostanze organiche naturali (torba bionda e torba scura), con aggiunta di *mulch* in fibre di legno in ragione di almeno 250 g/m<sup>2</sup>. Almeno il 20% delle fibre avrà lunghezza di 10 mm;

- stabilizzante per legare le sostanze di base al terreno stesso;
  - fertilizzante organico biologico ed ecologico a lenta cessione (150 g/m<sup>2</sup>);
  - concime minerale naturale a veloce e lenta cessione;
  - fibra biologica a base di pasta di cellulosa neutra atta a formare uno strato fibroso che trattiene il seme ed in grado di aumentare la capacità di assorbimento dell'acqua regolandone la termoevaporazione;
  - collante composto da colloidali argillosi di montmorillonite e poliuronidi derivanti da alghe marine in grado di sciogliersi in acqua e diventare, a contatto con il suolo, gel fisso e quindi resistente all'erosione superficiale; inoltre, aumenta l'attività biologica favorendo l'attecchimento delle piantine con anticipo formando un apparato radicale sano e robusto;
  - composto di fibre naturali di piantine frantumate con l'aggiunta di cascami di cotone finemente macinati formante una coltre organica protettiva.
- Questa funge da ammortizzatore termico in caso di forti escursioni di temperatura e crea un microclima particolarmente favorevole alla germinazione precoce delle piantine; favorisce inoltre lo sviluppo in terreni sterili in microorganismi e quindi la formazione di *humus*;
- acqua in quantità idonea alle diluizioni richieste;
  - altri ammendanti ed inoculi atti a stimolare la radicazione delle sementi e lo sviluppo della microflora del suolo.

**Fattibilità:** è un'idrosemina ricca di materiale organico e *mulch* di fibra di legno, per cui risulta adatta alle situazioni in cui il substrato è particolarmente povero di materiale organico, sassoso, roccioso o costituito da rocce tenere alterate.

In condizione di forte pendenza o sulle terre rinforzate, si miscela della paglia triturrata da aggiungere all'ultimo passaggio per la forma-

zione di una copertura che dovrà avere uno spessore variabile da 2 a 4 cm a seconda della quantità di materiale organico.

**Vantaggi:** questo sistema ha il vantaggio che può essere applicato durante l'intero periodo vegetativo, benché i migliori risultati si ottengono nelle stagioni umide. Inoltre, offre il vantaggio di poter distribuire contemporaneamente sul terreno numerose sostanze essenziali per il successo dell'intervento.

**Interventi collegati:** tutti gli interventi di Ingegneria Naturalistica, sia per il consolidamento dei versanti, che per le difese spondali, recupero di aree degradate e manufatti per infrastrutture, in particolare:

- 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.

**Periodo di intervento:** si opera nel periodo vegetativo che varia in funzione delle caratteristiche climatiche locali.

**Manutenzione e durata dell'opera:** irrigazione, concimazione e sfalcio, se ritenuti essenziali.

**Note:** in terreni molto argillosi si potranno aggiungere 100 g/m<sup>2</sup> di compost.

In terreni molto sassosi si potrà arrivare a quantità di *mulch* di torba pari a 350 g/m<sup>2</sup>, rispettivamente. Nelle terre rinforzate o in condizioni particolarmente difficili a cause di pendenze elevate si aggiungerà un'ulteriore passata con 100 g/m<sup>2</sup> di *mulch* di fibra di legno e 100 g/m<sup>2</sup> di paglia tritata.

**Analisi prezzi:** si veda la **tabella 14.7**.

**Tab. 14.7 - Idrosemina a spessore: analisi dei prezzi**

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo
<i>a) Manodopera:</i>				
Operaio specializzato	Ora	0,00		
Operaio qualificato	Ora	0,015		
Operaio comune	Ora	0,015		
<i>b) Noli:</i>				
Idrosemnatrice	Ora	0,01		
<i>c) Materiali:</i>				
Miscela per sementi	Kg	0,04		
Fibra vegetale (paglia, cellulosa)	Kg	0,5		
Fertilizzanti organici	Kg	0,06		
Collante organico	Kg	0,07		
<b>Prezzo di applicazione</b>			<b>Euro/m<sup>2</sup></b>	<b>5,16 ÷ 6,2</b>
			<b>£/m<sup>2</sup></b>	<b>10.000 ÷ 12.000</b>

### 14.1.7 Supporti antierosivi di fibre naturali e sintetiche nelle semine

**Funzioni:** copertura e completamento su versante.

**Descrizione:** consiste nel rivestimento di versanti mediante reti, feltri, stuoie, griglie, tessuti, ecc. che possono essere di materiale naturale, sintetico e misto.

**Descrizione da voce di capitolato:** rivestimento di scarpate mediante stesura di un biofeltro biodegradabile in fibre miste di paglia, cocco e juta, sisal, cotone, ecc. in percentuali variabili a seconda del prodotto e di grammatura minima di 300 g/m<sup>2</sup>, eventualmente preseminate con minimo 40 g/m<sup>2</sup> di miscela di sementi e/o preconciato con ammendanti migliorativi delle caratteristiche fisico-idrologiche ed organiche; fissaggio dello stesso mediante interro in testa e al piede e picchettature con staffe o picchetti in ferro acciaioso o legno, in quantità e di qualità tali da garantire la stabilità e l'aderenza del biofeltro sino ad accrescimento avvenuto del cotico erboso.

La posa del rivestimento dovrà avvenire su scarpate stabili precedentemente regolarizzate e liberate da radici.

Nei casi di stesura per fasce parallele dovrà essere garantita la continuità mediante sormonti laterali di almeno 10 cm.

Tali rivestimenti, se non preseminati, devono essere abbinati ad una semina, con le modalità di cui ai punti precedenti, e possono essere seguiti dalla messa a dimora di specie arbustive autoctone corredate da certificazione di origine, previa opportuna esecuzione di tagli a croce nel rivestimento.

Nel caso di biofeltro preseminato dovrà essere certificata la miscela utilizzata e la provenienza e germinabilità delle sementi.

**Effetto:** rendono possibile e velocizzano l'inerbimento anche di superfici "difficili".

**Campi d'applicazione:** la semina con supporti antierosivi è consigliabile ai fini del rivestimento vegetale (soprattutto per il ripristino della vegetazione erbacea) in caso di pericolo di erosione diffusa, dovuto a condizioni stazionali estreme, per esempio scarpate molto acclivi esposte al vento o povere di suolo. Nel consolidamento di fenomeni franosi queste opere di protezione superficiale contribuiscono alla riduzione, se pur indiretta, delle pressioni neutre all'interno del corpo di frana non solo contenendo l'azione erosiva superficiale esercitata dalle acque meteoriche ma, soprattutto, limitando l'infiltrazione delle stesse all'interno del corpo di frana.

Per quello che riguarda gli interventi di regimazione fluviale se ne prevede l'applicazione su sponde di corsi d'acqua con velocità della corrente non eccessiva e trasporto solido non grossolano.

Pertanto, a meno di non dover contrastare esclusivamente fenomeni erosivi superficiali, sia in interventi su versante che su sponda fluviale, le opere di rivestimento vegetale con l'impiego dei supporti antierosivi devono essere sempre abbinati ad altre tipologie di opera.

Gli interventi di protezione superficiale possono ottenersi per mezzo dell'impiego di tecniche di Ingegneria Naturalistica utilizzando materiali naturali ovvero abbinando materiali naturali con materiali artificiali quali i geosintetici.

**Modalità di dimensionamento e limiti di applicabilità:** si prevedono le seguenti verifiche principali basate sulla quantificazione delle grandezze necessarie:

- stabilità strutturale e globale dell'opera;
- verifica idraulica (per i valori di portata significativa in condizioni di moto uniforme o permanente o vario, valutazione di livelli idrici, tensione tangenziale, velocità, ecc.);
- stabilità del pendio (in diverse condizioni di carico e di drenaggio).
- protezione dall'erosione diffusa e/o incanalata. Su pendii con materiale grossolano incoerente e roccia affiorante è necessario effettuare il disaggio del materiale lapideo instabile e, talvolta, ricorrere al l'accoppiamento con reti paramassi. Le resistenze a trazione dei supporti antierosivi variano in funzione del tipo utilizzato (vedere la voce "Materiali impiegati").

**Materiali impiegati:** a proposito dei supporti antierosivi occorre fare alcune precisazioni. In commercio ne esistono di vari tipi, distinguibili sulla base del materiale impiegato per la loro realizzazione, naturale o sintetico, e delle modalità costruttive. Le ditte produttrici ne immettono sul mercato ogni anno nuove varianti; perciò, essendo impossibile in questa sede elencarle tutte, ci limiteremo a menzionare quelle più diffuse.

I supporti a base naturale sono biodegradabili e la loro durata è conseguente alla natura del materiale che li costituisce, maggiore nel caso del legno o del cocco, minore nel caso della paglia. Quelli sintetici sono chiaramente più duraturi, ma non biodegradabili. Le caratteristiche fisiche e meccaniche di ciascun prodotto vengono fornite dalla ditta costruttrice.

In sintesi, si possono distinguere, tra i supporti a base naturale:

- **biostuoie:** materassini costituiti da paglia, cocco o trucioli di legno, contenuti in retine di plastica fotodegradabile oppure di juta; hanno in genere una buona capacità di assorbimento dell'acqua (più bassa per il cocco) e resistenze a trazione generalmente non superiori a 3 ÷ 4 kN/m;
- **biotessili tessuti:** veri e propri tessuti, con trama ed ordito, di fibre naturali come juta, cocco ed agave, le resistenze a trazione sono molto elevate (fino a 40 kN/m), secondo la fibra impiegata e la larghezza delle maglie; la capacità di assorbimento dell'acqua è discreta;

- *biofeltri*: biotessili non tessuti costituiti da fibre naturali anche di diversa natura, tenute insieme tramite agugliatura; assorbimento dell'acqua da medio ad alto, resistenza alla trazione di  $3 \div 4$  kN/m o maggiore qualora rinforzati da biotessili tessuti;
- *bioreti*: simili a tessuti a maglia larga, ma le corde vengono intrecciate ed annodate e quindi non si possono allargare; biodegradabili in tempi lunghi.

Tra i supporti antierosivi sintetici i più ricorrenti sul mercato sono:

- *geostuoie tridimensionali*: costituite da vari tipi di polimeri in filamenti aggrovigliati e termosaldati, che vanno poi saturati di terreno vegetale; non assorbono acqua, se non abbinati a geotessili a base naturale; le resistenze a trazione sono intorno a 5 kN/m;
- *rivestimenti vegetativi*: reti metalliche a doppia torsione o costituite da polimeri, abbinate con biostuoie o costituite tridimensionali; le reti assicurano resistenze alla trazione molto alte, anche superiori a 100 kN/m;
- *geocelle*: strutture alveolari realizzate con strisce di polietilene o geotessile non tessuto. Se costituite da materiale naturale (cocco in genere) prendono il nome di biocelle; la posa sul terreno è lievemente diversa da quella degli altri supporti, poiché vanno ancorate mediante chiodatura dei punti di giunzione dei vari alveoli e conseguentemente saturate di terreno naturale; la resistenza meccanica a trazione delle giunzioni varia da 0,35 ad 1 kN/m.

*Altri materiali necessari:*

- picchetti in legname (può essere utilizzato anche materiale vivo) da utilizzarsi soprattutto come rinforzi all'ancoraggio di monte e di valle; la loro lunghezza deve essere di almeno  $30 \div 40$  cm e  $\varnothing > 3$  cm oppure chiodi in ferro di lunghezza  $30 \div 40$  cm e  $\varnothing 12 \div 16$  mm;
- graffe in ferro acciaioso con forma ad "U" per il fissaggio delle giunzioni e dei bordi;
- terreno vegetale nel caso di geocelle e geostuoie tridimensionali;
- eventualmente piante.

*Modalità di esecuzione:* modellamento e preparazione della scarpata per la regolarizzazione delle asperità naturali del terreno ed eventuale eliminazione di pietre e ramaglia.

Scavo di un solco di  $20 \div 30$  cm di profondità in sommità ed al piede della scarpata da proteggere.

Semina delle specie scelte (è preferibile, per le reti, seminare dopo la posa, oppure sia prima che dopo).

Posa in opera del supporto antierosivo (fornito dalle ditte in rotoli di lunghezza ed altezza variabile) che deve essere inserito nel solco di monte ripiegandolo in doppio strato per almeno 20 cm, e ricoperto con il terreno proveniente dallo scavo. In alcuni casi potranno essere utilizzati dei picchetti in ferro oppure in legno per rinforzare l'ancoraggio.

Il supporto viene poi steso sul pendio lungo la massima pendenza, in maniera da aderire al suolo quanto più possibile, facendo attenzione a non tenderlo troppo ed a garantire una sovrapposizione tra i vari teli contigui minimo di  $10 \div 15$  cm.

Nel caso di protezione spondale le stuoie vanno sovrapposte procedendo controcorrente per evitare che l'acqua s'infiltri fra una stuoia e l'altra. Fissaggio del supporto con picchetti di legno in caso di substrato sciolto oppure ad "U" in ferro acciaioso nel caso di strato roccioso affiorante. I picchetti dovranno essere disposti ad una distanza di circa 1 m l'uno dall'altro, lungo le sovrapposizioni laterali dei teli, sui bordi esterni e nei punti dove cambia la pendenza della scarpata per mantenere l'aderenza del supporto al terreno. In caso di pendenze elevate, oppure di superfici con asperità, la densità dei picchetti viene aumentata ed estesa anche all'interno del singolo telo (pendenza "p" della scarpata  $p < 20 \div 30^\circ$  un picchetto per  $m^2$ ,  $p \geq 20 \div 30^\circ$  da  $2 \div 3$  picchetti per  $m^2$  anche in funzione della consistenza del substrato). Ancoraggio alla base del supporto mediante inserimento dello stesso nel solco precedentemente scavato a valle, con le stesse modalità dell'ancoraggio di monte. Eventuale semina sopra il supporto antierosivo. È anche possibile la messa a dimora di piantine su di un versante rivestito, dopo aver fatto dei tagli a croce nel telo ed avendo cura di fissare nuovamente i lembi residui.

*Accorgimenti:* particolare attenzione deve essere posta nelle seguenti operazioni: preparare la superficie, picchettare il supporto a monte ed a valle con formazione delle risvolte, sovrapporre lateralmente i teli, picchettandoli, e mantenere l'aderenza del supporto antierosivo al suolo. In commercio esistono anche vari supporti antierosivi preseminati. Il loro impiego non garantisce comunque sempre gli stessi risultati che si avrebbero con una semina "mirata" alle caratteristiche stagionali. In questi casi dovranno inoltre essere certificate le miscele utilizzate e la loro provenienza e germinabilità delle sementi, nonché la grammatura (rapporto peso/superficie) del supporto. Se la semina viene eseguita successivamente alla posa del supporto antierosivo, è necessario ricordarsi d'intervenire con supporto asciutto, affinché il seme possa penetrare sotto al supporto stesso.

*Vantaggi:*

- per tutte le tipologie di supporto: immediatamente dopo la posa in opera i supporti esercitano un'azione protettiva nei confronti della perdita di suolo e di semi dovuta all'azione della pioggia e del vento;
- nel caso di supporti a base naturale: sono biodegradabili (non inquinanti) e decomponendosi incrementano la fertilità del terreno; nel caso di scarpate assai soleggiate, dove possono essere raggiunte temperature molto ele-

vate, sono utili inoltre per l'azione ombreggiante e di ritenzione idrica;

- nel caso di supporti a base sintetica: hanno una durata molto elevata nel tempo, le reti metalliche a doppia torsione, in particolare, esercitano anche una certa funzione strutturale di contenimento, per esempio quando si deve riportare uno spessore di terreno sciolto su una superficie rocciosa.

#### *Svantaggi:*

- per tutte le tipologie di supporto: le variabili da considerare nella scelta di un supporto antierosivo sono molte e di diversa natura (climatica, pedologica, morfologica, economica), nonché legate alle sollecitazioni meccaniche delle forze esterne. Non esistono ancora studi approfonditi che possano fornire regole per la scelta da adottare e bisogna basarsi molto sull'esperienza. In tutti i casi gli interventi preparatori alla messa in opera del supporto sono piuttosto lunghi, e specialmente nel caso di opere di difesa spondale, i supporti devono essere fissati a regola d'arte, in modo da non essere asportati dalla piena insieme alla sistemazione viva;
- nel caso di supporti a base naturale: sono poco duraturi e le resistenze a trazione sono in genere molto basse, quindi sono anche più delicati nelle fasi di posa in opera;
- nel caso di supporti a base sintetica: non si decompongono e quindi costituiscono un elemento estraneo a rivestimento vegetale avvenuto. Alcuni tipi, in particolari situazioni, per il troppo ombreggiamento o, viceversa, per il troppo assorbimento della radiazione solare, possono "soffocare" la nascita delle piante.

*Periodo di intervento:* preferibilmente durante il periodo di ripresa della vegetazione (periodo idoneo per le semine). Per l'eventuale posa di piante è consigliabile operare durante il riposo vegetativo.

*Manutenzione:* concimazione e irrigazione soprattutto durante la prima estate dopo la semina.

*Analisi prezzi:* vediamo qualche esempio di analisi prezzi per alcune biostuoie in fibra vegetale, con voci di capitolato relative.

1) *Biostuoia in paglia:* rivestimento di scarpate mediante stesura di una biostuoia in paglia di grammatura minima 300 g/m<sup>2</sup>, montata su supporto in rete fotossidabile e biodegradabile di maglia minima 1x1 cm o su carta cucita con filo sintetico biodegradabile o in fibra vegetale, eventualmente preseminata con minimo 40 g/m<sup>2</sup> di miscela di sementi, e fissaggio dello stesso mediante interro in testa ed al piede e picchettatura con staffe o picchetti in ferro acciaio o legno, in quantità e di qualità tali da garantire la stabilità e l'aderenza della biostuoia sino ad accrescimento avvenuto del cotico erboso. La posa del rivestimento dovrà avvenire su scarpate stabili precedentemente regolarizzate e liberate da radici. Nei casi di stesura per fasce parallele dovrà essere garantita la continuità mediante sormonti laterali di almeno 10 cm. Tali rivestimenti, se non preseminati, devono essere abbinati ad una semina, con le modalità di cui agli articoli precedenti, e possono essere seguiti dalla messa a dimora di specie arbustive autoctone corredate da certificazione di origine. Nel caso di biostuoia preseminata dovrà essere certificata la miscela utilizzata e la provenienza e germinabilità delle sementi (tab. 14.8).

2) *Biostuoia in cocco:* rivestimento di scarpate mediante stesura di una biostuoia biodegradabile in fibra di cocco, di grammatura minima 300 g/m<sup>2</sup>, montata su un supporto in rete sintetica fotossidabile e biodegradabile di maglia minima 1x1 cm o su carta cucita con filo sintetico biodegradabile o in fibra vegetale, eventualmente preseminato con mini-

**Tab. 14.8 - Biostuoia in paglia: analisi dei prezzi**

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo
<i>a) Manodopera:</i>				
Operaio specializzato	Ora	0,00		
Operaio qualificato	Ora	0,1		
Operaio comune	Ora	0,1		
<i>b) Noli:</i>				
Autocarro	Ora			
<i>c) Materiali:</i>				
Biostuoia in cocco	m <sup>2</sup>	1		
Picchetti o staffe acciaio a.m. D14 mm, L 1,2m	Kg	1,4		
Semina	m <sup>2</sup>	1		
Talee di salice o tamerice	Unità	1		
<b>Prezzo di applicazione</b>			<b>Euro/m<sup>2</sup></b>	<b>5,16 ÷ 6,2</b>
			<b>£/m<sup>2</sup></b>	<b>10.000 ÷ 12.000</b>

mo 40 g/m<sup>2</sup> di miscela di sementi, e fissaggio dello stesso mediante interro in testa ed al piede e picchettature con staffe o picchetti in ferro acciaioso o legno, in quantità e di qualità tali da garantire la stabilità e l'aderenza della biostuoia sino ad accrescimento avvenuto del cotico erboso. La posa del rivestimento dovrà avvenire su scarpate stabili precedentemente regolarizzate e liberate da radici. Nei casi di stesura per fasce parallele dovrà essere garantita la continuità mediante sormonti laterali di almeno 10 cm. Tali rivestimenti, se non preseminati, devono essere abbinati ad una semina, con le modalità di cui agli articoli precedenti, e possono essere seguiti dalla messa a dimora di specie arbustive autoctone corredate da certificazione di origine. Nel caso di biostuoia preseminata dovrà essere certificata la miscela utilizzata e la provenienza e germinabilità delle sementi (tab. 14.9).

- 3) *Biostuoia in cocco e paglia*: rivestimento di scarpate mediante la stesura di una biostuoia biodegradabile in fibre miste di paglia e cocco, in percentuali variabili a seconda del prodotto con quantitativo in paglia non inferiore al 40% e di grammatura complessiva non in-

feriore a 300 g/m<sup>2</sup>, eventualmente preseminata con minimo 40 g/m<sup>2</sup> di miscela di sementi e/o preconcimata con ammendanti migliorativi delle caratteristiche fisico-idrologiche ed organiche; fissaggio della stessa mediante interro in testa e al piede e picchettature con staffe o picchetti in ferro acciaioso o legno, in quantità e di qualità tali da garantire la stabilità e l'aderenza della biostuoia sino ad accrescimento del cotico erboso (figg. 14.2-14.3). La posa del rivestimento dovrà avvenire su scarpate stabili precedentemente regolarizzate e liberate da radici. Nei casi di stesura per fasce parallele dovrà essere garantita la continuità mediante sormonti laterali di almeno 10 cm.

Tali rivestimenti, se non preseminati, devono essere abbinati ad una semina, con le modalità di cui ai punti precedenti, e possono essere seguiti dalla messa a dimora di specie arbustive autoctone corredate da certificazione di origine, previa opportuna esecuzione di tagli a croce nel rivestimento. Nel caso di biostuoia preseminata dovrà essere certificata la miscela utilizzata e la provenienza e germinabilità delle sementi (tab. 14.10).

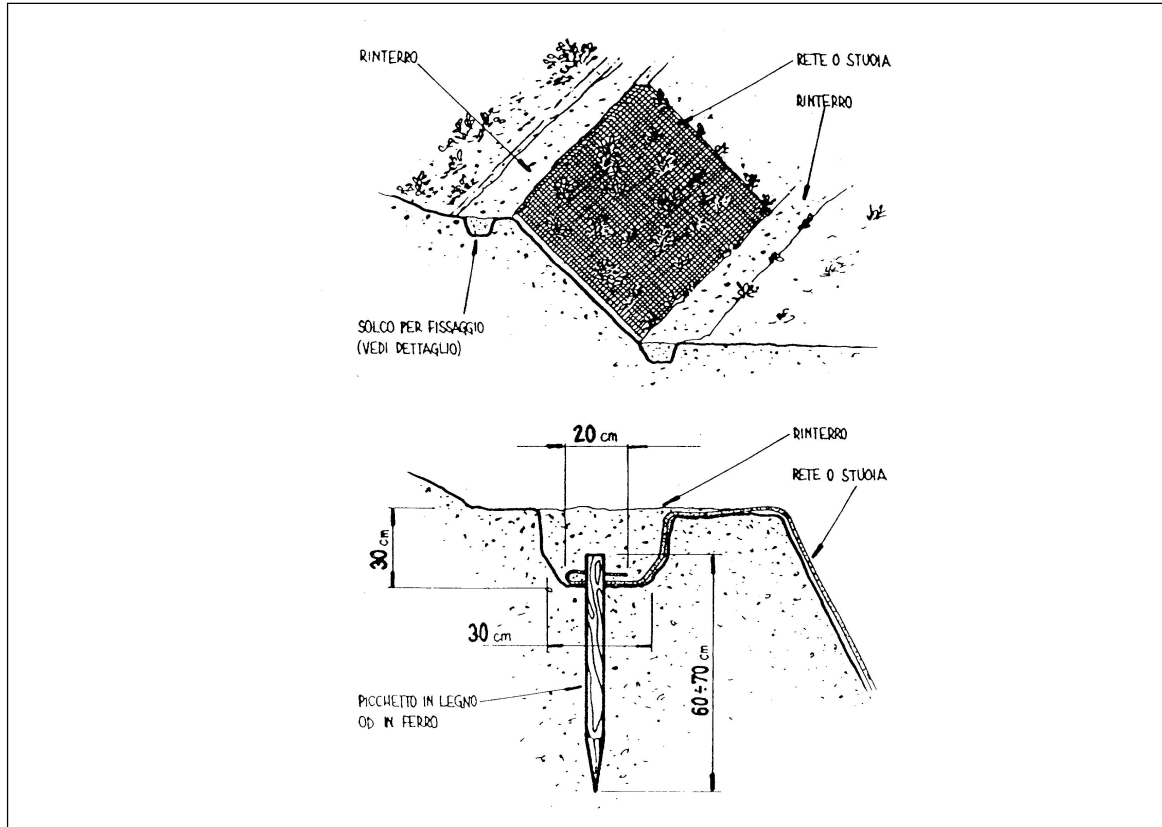
Tab. 14.9 - *Biostuoia in cocco: analisi dei prezzi*

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo
<i>a) Manodopera:</i>				
Operaio specializzato	Ora	0,00		
Operaio qualificato	Ora	0,1		
Operaio comune	Ora	0,1		
<i>b) Noli:</i>				
Autocarro	Ora			
<i>c) Materiali:</i>				
Biostuoia in cocco	m <sup>2</sup>	1		
Picchetti o staffe acciaio a.m. D14 mm, L 1,2m	Kg	1,4		
Semina	m <sup>2</sup>	1		
Talee di salice o tamerice	Unità	1		
<b>Prezzo di applicazione</b>			<b>Euro/m<sup>2</sup></b>	<b>6,97 ÷ 7,75</b>
			<b>£/m<sup>2</sup></b>	<b>13.500 ÷ 15.000</b>

Tab. 14.10 - *Biostuoia in cocco e paglia: analisi dei prezzi*

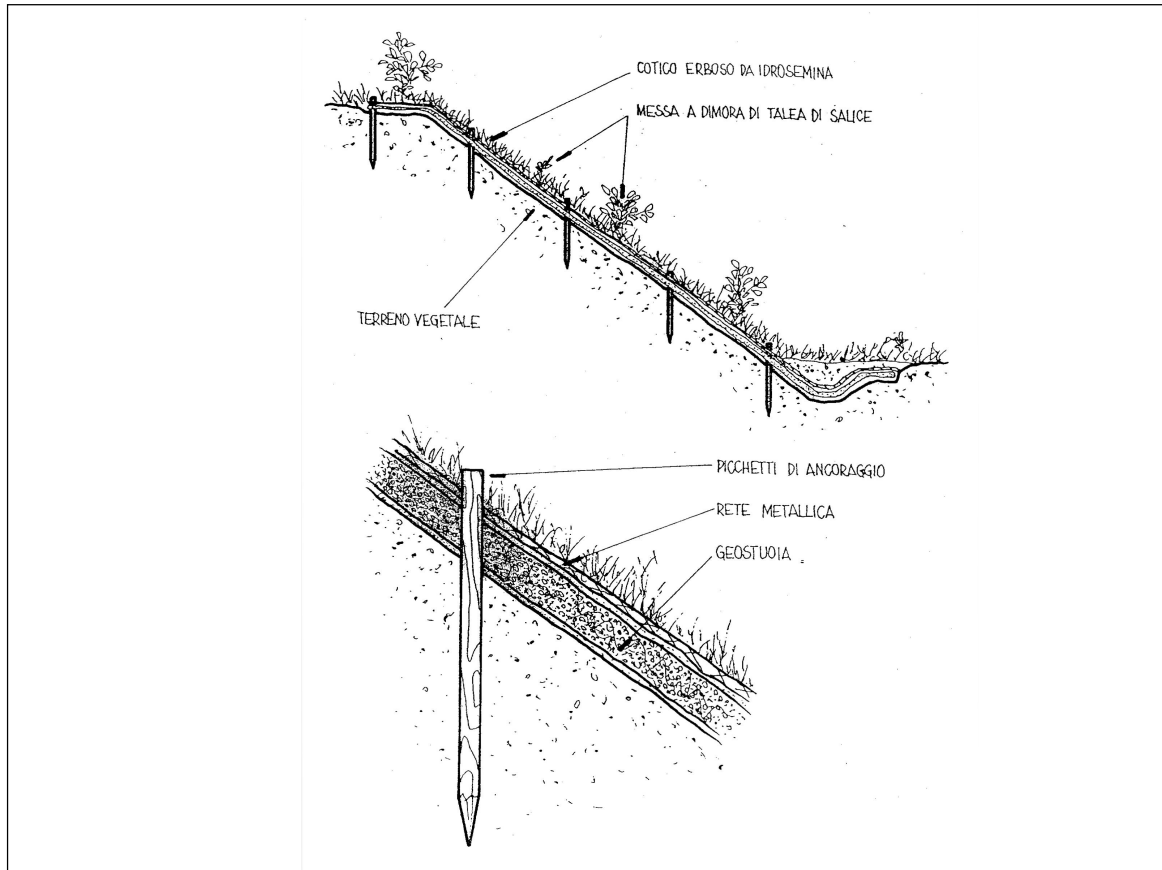
Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo
<i>a) Manodopera:</i>				
Operaio specializzato	Ora	0,00		
Operaio qualificato	Ora	0,08		
Operaio comune	Ora	0,08		
<i>b) Noli:</i>				
Autocarro	Ora			
<i>c) Materiali:</i>				
Rete in fibra naturale di juta	m <sup>2</sup>	1		
Picchetti acciaio e staffe	Kg	1,4		
Semina	m <sup>2</sup>	1		
Talee di salice o tamerice	Unità	1		
<b>Prezzo di applicazione</b>			<b>Euro/m<sup>2</sup></b>	<b>6,46 ÷ 7,75</b>
			<b>£/m<sup>2</sup></b>	<b>12.500 ÷ 15.000</b>

Fig. 14.2 - Biostuoia in cocco e paglia



Fonte: "Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia", 9 maggio 2000.

Fig. 14.3 - Biostuoia in cocco e paglia



Fonte: "Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia", 9 maggio 2000.

## 14.1.8 Biotessile in juta (geojuta)

**Descrizione sintetica:** posa in opera di rete in fibra naturale (juta) a funzione antierosiva, fissata al terreno con picchetti di legno recuperati sul posto, previa semina di un miscuglio di sementi di specie erbacee selezionate ed idonee al sito, con relativa concimazione (fig. 14.4).

**Voce di capitolato:** rivestimento di scarpate mediante stesura di un biotessile biodegradabile in juta, a maglia aperta di minimo 1 x 1 cm, peso non inferiore a 250 g/m<sup>2</sup> e fissaggio della stessa mediante interro in testa e al piede e picchettature con staffe o picchetti in ferro acciaioso o in legno, in quantità e di qualità tali da garantire la stabilità e l'aderenza della stuoia sino ad accrescimento avvenuto del cotico erboso. La posa del rivestimento dovrà avvenire su scarpate stabili precedentemente regolarizzate e liberate da radici. Nei casi di stesura per fasce parallele dovrà essere garantita la continuità mediante sormonti laterali di almeno 10 cm. Tali rivestimenti devono essere sempre abbinati ad una semina, con le modalità di cui ai punti precedenti, e possono essere seguiti dalla messa a dimora di specie arbustive autoctone, corredate da certificazione di origine, previa opportuna esecuzione di tagli a croce nel rivestimento.

**Campi di applicazione:** scarpate, sponde fluviali e lacustri, anche irregolari ma con substrato terroso in superficie.

Applicabilità della tecnica in funzione idraulica, statica, naturalistica:

- sponde di corsi d'acqua a bassa pendenza e velocità della corrente, su substrati denudati o di neoformazione.

**Materiali impiegati:**

- stuoie biodegradabili in juta, maglia 1 x 1 cm, peso non inferiore a 250 gr/m<sup>2</sup>;

- staffe o picchetti in ferro acciaioso piegati a U Ø 8 ÷ 12 mm, L = 20 ÷ 40 cm o in legno L = 50 ÷ 70 cm;
- miscela di sementi.

**Modalità di esecuzione:**

- regolarizzazione della scarpata mediante allontanamento di eventuali apparati radicali ed eliminazione di avvallamenti e piccoli dossi (irregolarità superficiali);
- semina;
- formazione di un solco di 20 ÷ 30 cm a monte della scarpata;
- posizionamento di un'estremità della stuoia all'interno del solco, fissaggio con staffe e copertura del solco con il terreno;
- stesura della stuoia lungo la scarpata e sovrapposizione dei teli contigui di almeno 10 cm;
- fissaggio della stuoia con staffe a "U" o picchetti o talee lungo le sovrapposizioni dei vari teli utilizzati e al centro della stessa. La densità dei picchetti aumenta all'aumentare della pendenza della scarpata:
  - < 20 ÷ 30°, 1 picchetto per m<sup>2</sup>;
  - ≥ 20 ÷ 30°, 2 ÷ 3 picchetti per m<sup>2</sup> ed è in funzione della consistenza del substrato;
- ricopertura dei bordi e fissaggio della stuoia al piede della scarpata;
- messa a dimora di arbusti mediante taglio a "L" della stuoia o allargamento delle maglie;
- eventuale semina di rincalzo, concime e irrigazione.

**Prescrizioni:** qualora si intenda abbinare la messa a dimora di arbusti autoctoni, è necessario intervenire sulla stuoia stesa con un taglio a croce o a "L" che consenta la formazione dello scavo per la messa a dimora della pianta. Le stuoie fino alla messa in opera devono essere conservate in ambiente idoneo, onde evitare l'umidità e l'imbibizione di acqua.

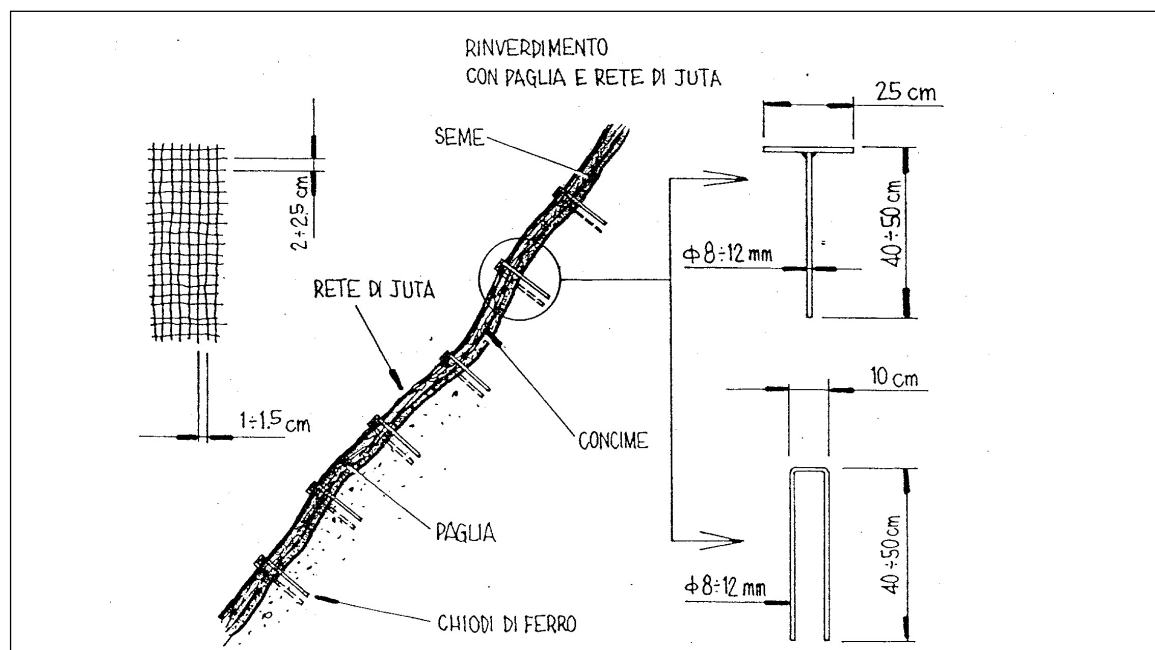
Qualora la stuoia venga impiegata lungo sponde di corsi d'acqua, è necessario che la posa in

**Tab. 14.11 - Biotessile in juta: analisi dei prezzi**

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo
<i>a) Manodopera:</i>				
Operaio specializzato	Ora	0,00		
Operaio qualificato	Ora	0,08		
Operaio comune	Ora	0,08		
<i>b) Noli:</i>				
Autocarro	Ora			
<i>c) Materiali:</i>				
Rete in fibra naturale di juta	m <sup>2</sup>	1		
Picchetti acciaio e staffe	Kg	1,4		
Semina	m <sup>2</sup>	1		
Talee di salice o tamerice	Unità	1		
<b>Prezzo di applicazione</b>			<b>Euro/m<sup>2</sup></b>	<b>6,46 ÷ 7,75</b>
			<b>£/m<sup>2</sup></b>	<b>12.500 ÷ 15.000</b>



Fig. 14.4 - Biotessile in juta



Fonte: "Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia", 9 maggio 2000.

opera avvenga procedendo nel senso contrario alla corrente, per evitare infiltrazioni d'acqua tra una stuoia e l'altra.

**Limiti di applicabilità:** scarpate a forte pendenza, substrati aridi e a eccessivo drenaggio, scarpate in roccia, sponde con forti sollecitazioni della corrente.

**Vantaggi:** protezione immediata della superficie, facilità d'impiego e completa degradazione della stuoia. L'acqua s'infiltra, ma non ristagna.

**Svantaggi:** scarsa durata (1 o 2), scarsa resistenza a sollecitazioni (idraulica, caduta massi, debris flow).

**Effetto:** protezione immediata della superficie.

Le maglie della stuoia consentono alle piante di crescere, assicurando in tal modo la protezione della superficie anche una volta che la stuoia ha subito completa degradazione.

Il materiale sottostante la stuoia viene trattenuto, impedendone così il rotolamento verso valle.

**Periodo di intervento:** le stuoie non preseminate possono essere posizionate in qualsiasi periodo dell'anno.

Qualora vi siano abbinate semine e piantagioni i periodi di riferimento sono quelli primaverili-autunnali. Sono da evitare i periodi di gelo invernale e aridità estiva.

**Analisi prezzi:** si veda la **tabella 14.11**.

#### 14.1.9 Geocelle a nido d'ape in materiale sintetico (tipo Armater)

**Descrizione sintetica:** Armater è una struttura tessile tridimensionale costituita da strisce di geotessile cucite tra di loro in modo tale da formare una serie di alveoli di forma esagonale (figg. 14.5-14.6).

**Voce di capitolato:** protezione di scarpate in terra mediante struttura sintetica a geocelle a nido d'ape costituita da strisce di altezza da 10 a 20 cm apribili a fisarmonica e collegate tra loro a formare una struttura tridimensionale a celle circa esagonali. La posa delle geocelle dovrà avvenire su scarpate stabili precedentemente regolarizzate e liberate da radici, pietre, ecc. I pannelli andranno fissati in trincea in sommità con picchetti di ferro acciaioso sagomati ad "U" e lunghezza 40 ÷ 50 cm in quantità minima di 1 ogni 2 celle. Ulteriori ancoraggi saranno effettuati lungo il pendio in ragione di almeno due ancoraggi/m<sup>2</sup>. Effettuate la posa si procederà al completo riempimento con terreno vegetale e quindi alla semina con le modalità di cui ai punti precedenti. Tale rivestimento va di regola abbinato con la messa a dimora di specie arbustive autoctone in zolla corredate da certificazione di origine o per talea con prelievo in loco dal selvatico.

**Campi di applicazione:** Armater viene utilizzato per pavimentazioni stradali bianche o in blocchi naturali o artificiali, in discariche con diverse funzioni di drenaggio, consolidamento delle fondazioni e protezione. È inoltre impiegato su scarpate a forte pendenza per il controllo dell'erosione.

**Materiali impiegati:**

- geotessile di base non tessuto in filamenti continui di poliestere parzialmente trattato con una resina;
- pannello a struttura alveolare, avente dimensioni di circa 150 m<sup>2</sup>;
- materiale sciolto di qualsiasi natura.

Le notevoli dimensioni di ogni pannello dopo la sua apertura sul terreno.

**Modalità di esecuzione:** il geotessile di base viene parzialmente trattato con una resina, in modo da ottenere una certa rigidità, e poi riempito con materiale sciolto di qualsiasi natura. Le fasi possono essere così sintetizzate:

- preparazione del piano di posa, su cui intervenire con il geotessile;
- apertura e stesura del singolo elemento alveolare;
- ancoraggio della struttura cellulare alla sommità del piano di posa;
- picchettamento intermedio: 1 picchetto ogni 2 ÷ 3 m<sup>2</sup>;
- collegamento tra gli elementi alveolari per fissare i diversi moduli;
- riempimento della struttura con terreno secondo un certo ordine (prima la sommità, poi la base e a procedere dal basso verso l'alto, fino a raggiungere la sommità del piano di posa).

**Vantaggi:** la posa in opera di Armater è poco onerosa, grazie alle notevoli dimensioni di ogni pannello, dopo la loro apertura sul terreno.

Sui versanti: diminuzione del ruscellamento superficiale del terreno e controllo dell'infiltrazione di acqua, grazie alla particolare struttura alveolare del geotessile.

Per le pavimentazioni stradali: riduzioni delle

deformazioni su fondazioni e pavimentazioni stradali, per opera di un'omogenea distribuzione interna degli sforzi nello strato di fondazione. Nelle discariche, Armater permette:

- **drenaggio:** la raccolta e l'evacuazione rapida di acqua e gas da decomposizione;
- **consolidamento:** l'azione di confinamento di uno strato del terreno di fondazione, cambiando la ripartizione interna degli sforzi e migliorando la stabilità della fondazione;
- **antipunzonamento:** si evita qualsiasi contatto con la geomembrana, escludendo quindi ogni pericolo di danneggiamento; inoltre, avendo una propria resistenza a trazione (che si può migliorare con un rinforzo di rete metallica) si diminuiscono enormemente gli sforzi di trazione che sono trasmessi dai rifiuti sulla geomembrana;
- **protezione da danneggiamento** da cause accidentali o vandalismo;
- **inerbimento del "capping":** la struttura Armater consente un facile inerbimento dello strato di terreno esterno evitando lo scivolamento. L'abbinamento con una rete metallica a doppia torsione di base, consente di aumentare la resistenza a trazione della struttura e di garantire l'immorsatura sulla sommità della discarica, escludendo qualsiasi ancoraggio iniziale o intermedio.

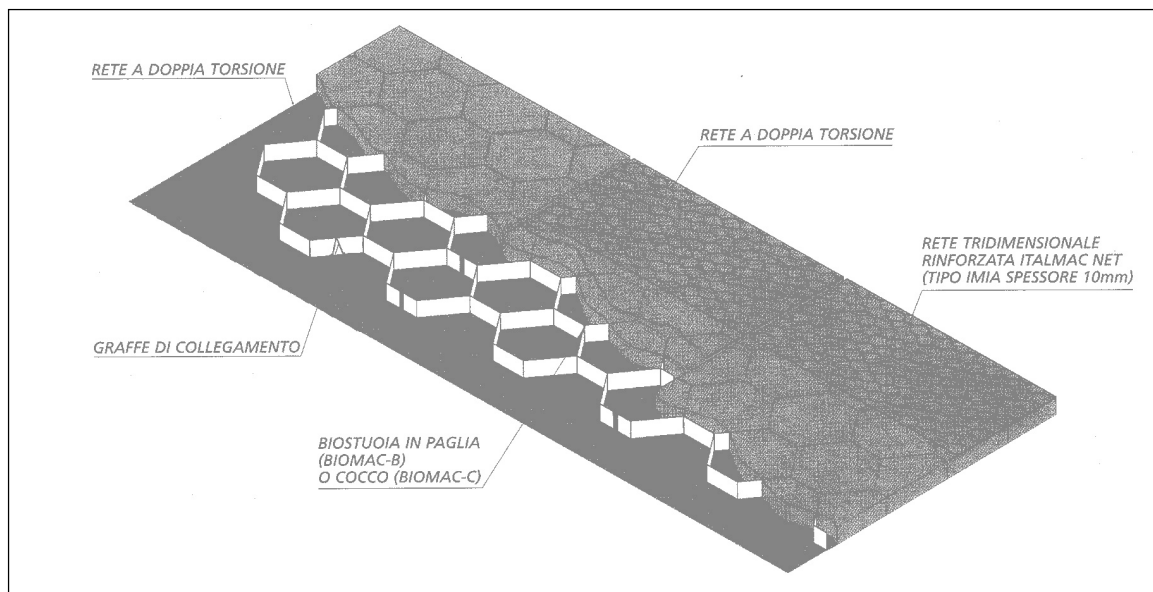
**Svantaggi:** il comportamento plastico della struttura richiede necessariamente l'abbinamento con un geotessile di base che ha funzione di separatore per possibile contaminazione dello strato di fondazione da parte del terreno in sito, qualora questo sia a matrice molto fine (terreni limoso-argillosi).

**Analisi prezzi:** si veda la **tabella 14.12**.

**Tab. 14.12 - Geocelle a nido d'ape in materiale sintetico (tipo Armater): analisi dei prezzi**

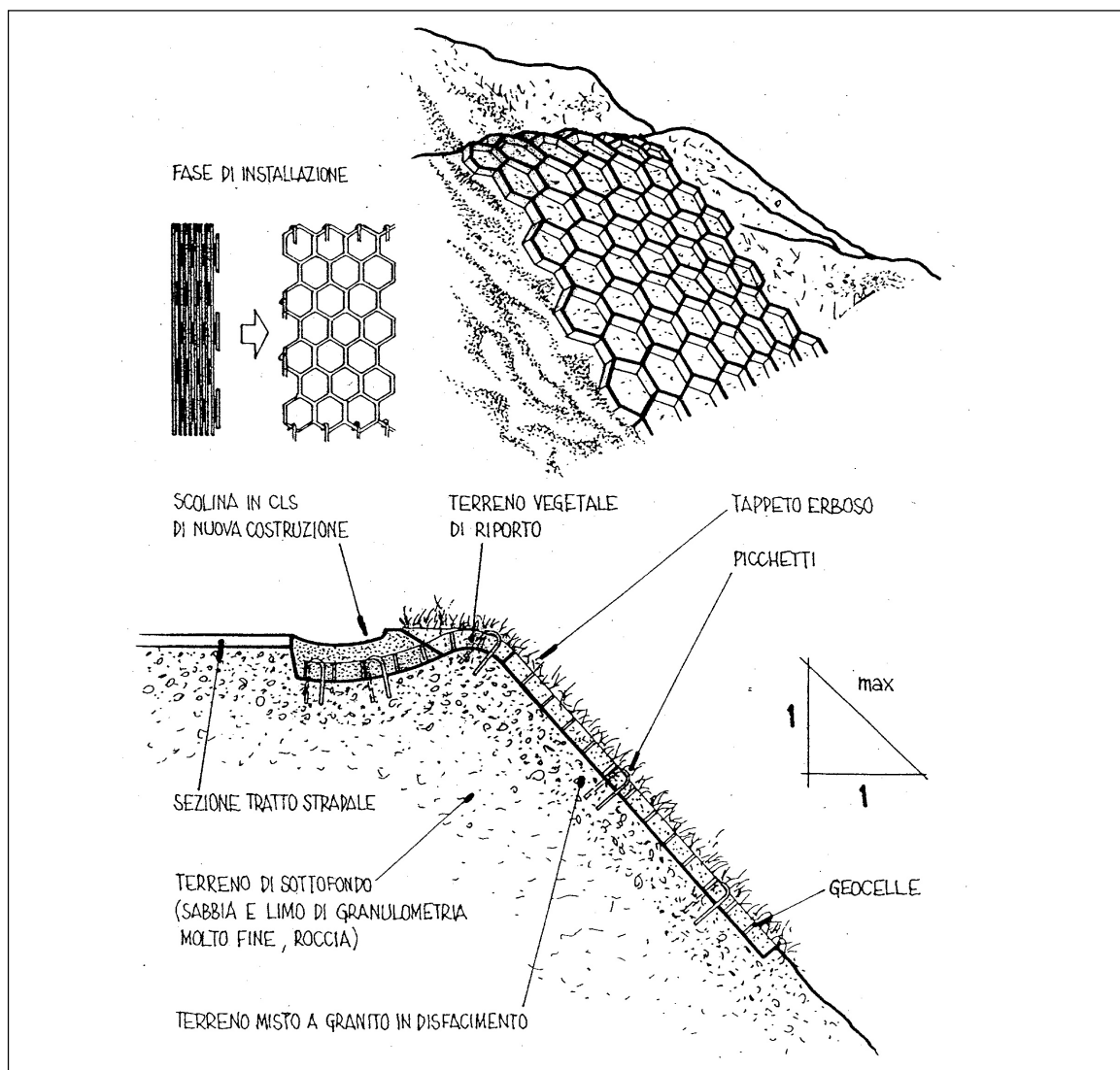
Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo
<i>a) Manodopera:</i>				
Operaio specializzato	Ora	0,00		
Operaio qualificato	Ora	0,08		
Operaio comune	Ora	0,10		
<i>b) Noli:</i>				
Autocarro	Ora	0,01		
Escavatore	Ora	0,05		
<i>c) Materiali:</i>				
Geocelle a nido d'ape h 10 cm	m <sup>2</sup>	1		
Picchetti acciaio e staffe	Kg	1,4		
Terreno vegetale	m <sup>3</sup>	0,1		
Idrosemina	m <sup>2</sup>	1		
Talee di salice o tamerice	Unità	1		
Arbusti	Unità	0,5		
<b>Prezzo di applicazione</b>			<b>Euro/m<sup>2</sup></b>	<b>25,82 ÷ 28,41</b>
			<b>£/m<sup>2</sup></b>	<b>50.000 ÷ 55.000</b>

**Fig. 14.5 - Modulo di pannello tipo Armater**



Fonte: Maccaferri spa, 1999.

**Fig. 14.6 - Geocelle a nido d'ape (tipo Armater)**



Fonte: Schede Armater in "Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia", 9 maggio 2000.

#### 14.1.10 Geostuoia tridimensionale materiale sintetico

**Descrizione sintetica:** stuoia tridimensionale costituita da filamenti sintetici aggrovigliati in modo da trattenere le particelle di materiale inerte terroso. Tale stuoia viene impiegata per il rivestimento di sponde e versanti soggetti ad erosione superficiale. La stuoia viene assicurata al terreno mediante l'infissione di picchetti ed interrata in solchi appositamente approntati sia a monte che a valle del versante. La stuoia deve essere abbinata ad un intasamento con materiale inerte terroso e a semina o idrosemina. Possono essere messe a dimora anche specie arbustive autoctone (fig. 14.7).

**Voce di capitolato:**

- nylon;
- polipropilene;
- polietilene;
- polietilene ad alta densità.

Rivestimento di scarpate mediante stesura di geostuoia tridimensionale in materiale sintetico (nylon, polipropilene, polietilene e polietilene ad alta densità a seconda del prodotto) di spessore minimo 8 mm e grado di vuoto non inferiore al 90%; fissaggio della stesura mediante interro alle estremità in apposito solco per almeno 50 cm e picchettature con staffe o picchetti in ferro o legno in quantità tali da garantire la stabilità e l'aderenza della geostuoia sino ad accrescimento avvenuto del cotico erboso. Nei casi di stesura per fasce parallele dovrà essere garantita la continuità mediante sormonti laterali di almeno 10 cm. Tali rivestimenti devono essere sempre abbinati ad un intasamento con uno strato di terreno vegetale e ad una semina, con le modalità di cui ai punti precedenti, e possono essere

seguiti dalla messa a dimora di specie arbustive autoctone corredate da certificazione di origine, previa opportuna esecuzione di tagli a croce nel rivestimento.

**Campi di applicazione:** versanti soggetti ad erosione superficiale.

**Materiali impiegati:**

- geostuoia sintetica tridimensionale di nylon, polipropilene, polietilene e polietilene ad alta densità di spessore min 1 cm;
- picchetti in ferro o staffe metalliche Ø min 8 mm;
- inerte terroso;
- sementi;
- arbusti o talee di salice.

**Modalità di esecuzione:**

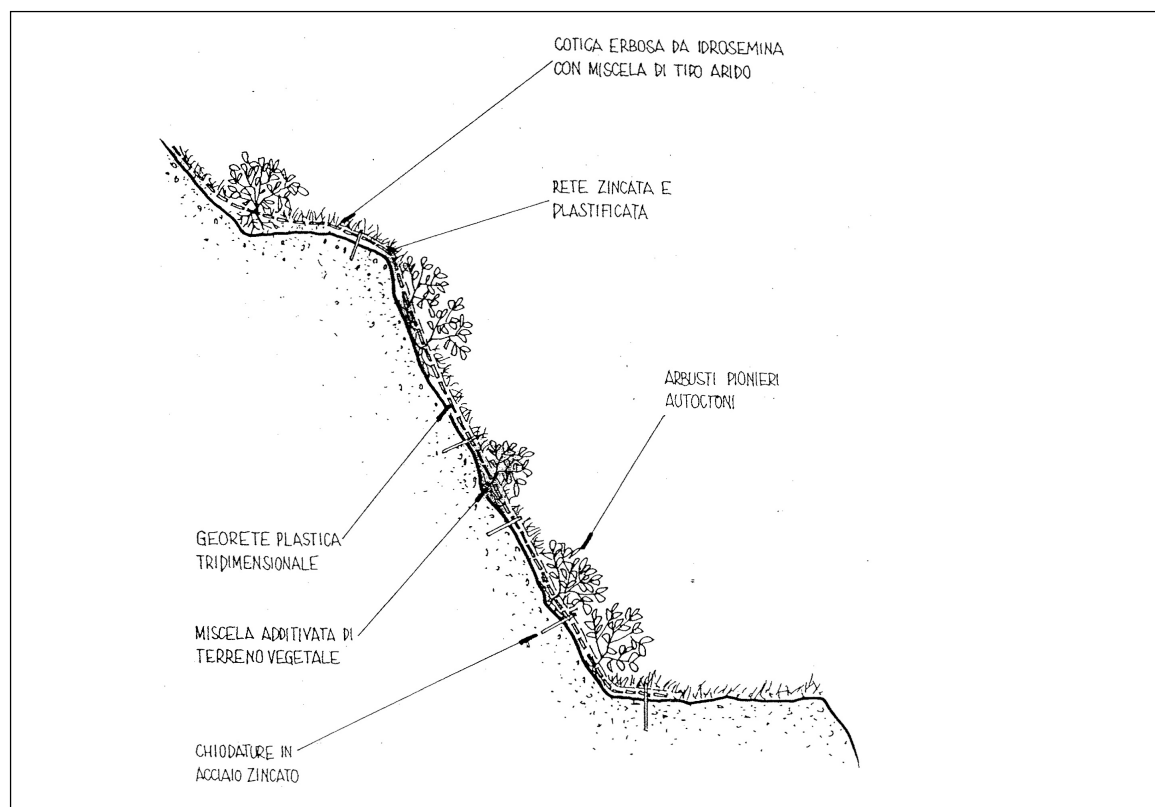
- preparazione del versante con allontanamento del materiale più grossolano, ramaglia e radici in modo da ottenere una superficie il più regolare possibile;
- formazione di un solco di almeno 30 cm di profondità nel quale porre il lembo ripiegato della geostuoia, assicurata con staffe metalliche e ricoprimento del solco stesso con il terreno proveniente dallo scavo;
- stesura della geostuoia lungo il versante, assicurandosi che la stessa sia a contatto con il terreno sottostante, senza essere troppo tesa;
- picchettatura della geostuoia al versante con picchetti in quantità dipendente dalla pendenza del versante (da 1 a 3 picchetti o staffe per m<sup>2</sup>);
- intasamento con inerte terroso;
- semina;
- messa a dimora di arbusti o talee di salice, previa formazione di taglio a croce sulla geostuoia.

**Analisi prezzi:** si veda la tabella 14.13.

**Tab. 14.13 - Geostuoia tridimensionale in materiale sintetico: analisi dei prezzi**

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo
<i>a) Manodopera:</i>				
Operaio specializzato	Ora	0,00		
Operaio qualificato	Ora	0,10		
Operaio comune	Ora	0,10		
<i>b) Noli:</i>				
Autocarro	Ora			
Escavatore	Ora			
<i>c) Materiali:</i>				
Geostuoia tridimensionale in materiale sintetico	m <sup>2</sup>	1		
Terreno vegetale	m <sup>3</sup>	0,02		
Picchetti o staffe acciaio	Kg	1,4		
Semina	m <sup>2</sup>	1		
Talee di salice o tamerice	Unità	1		
<b>Prezzo di applicazione</b>			<b>Euro/m<sup>2</sup></b>	<b>12,92 ÷ 15,49</b>
			<b>£/m<sup>2</sup></b>	<b>25.000 ÷ 30.000</b>

Fig. 14.7 - Geostuoia tridimensionale in materiale sintetico



Fonte: "Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia", 9 maggio 2000.

#### 14.1.11 Geostuoia (o georete) tridimensionale in materiale sintetico bitumato in opera a freddo

**Descrizione sintetica:** materiale sintetico impiegato per il rivestimento di superfici a contatto con l'acqua.

La geostuoia è costituita da materiale sintetico tridimensionale, con spessore minimo di 18 mm e resistente alla trazione. Il fissaggio alla scarpata avviene mediante l'infissione di staffe o picchetti. Viene abbinato all'intasamento con ghiaio, alla bitumazione e alla semina (fig. 14.8).

**Voce di capitolato:**

- nylon;
- polipropilene;
- polietilene;
- polietilene ad alta densità.

Rivestimento di superfici generalmente a contatto con l'acqua (canalette, fossi di guardia, sponde di canali e corsi d'acqua, ecc.) mediante stesura di geostuoia tridimensionale in materiale sintetico (nylon, polipropilene, polietilene e polietilene ad alta densità a seconda del prodotto) di almeno 18 mm di spessore, resistenza a trazione non inferiore a 2,0 kN/m e grado di vuoto non inferiore al 90%; fissaggio della stessa mediante interro alle estremità in apposito solco per almeno 50 cm e picchettature con staffe metalliche di diametro minimo 8 mm, in quantità tali da garantire la stabi-

lità e l'aderenza della geostuoia sino ad accrescimento avvenuto del cotico erboso. Dovrà essere accurato il fissaggio di eventuali fasce parallele di georete tenendo conto in particolare della direzione del flusso.

Tale rivestimento sarà intasato con uno spessore di ghiaio e bitumato a freddo in almeno due passate ghiaia/bitume alternate con peso complessivo non inferiore a 15 kg/m<sup>2</sup> e dovrà sempre essere abbinato ad una semina in doppia passata, che preceda e segua l'intasamento e la bitumazione, con le modalità di cui ai punti precedenti.

Possono essere eseguiti, a posteriori, dei tagli a croce per la messa a dimora di specie arbustive autoctone corredate da certificazione di origine.

**Campi di applicazione:** superfici generalmente a contatto con l'acqua, quali canalette, fossi di guardia, sponde di canali e di corsi d'acqua.

**Applicabilità della tecnica in funzione statica, idraulica, naturalistica:** corsi d'acqua a bassa pendenza, bassa velocità, basso trasporto solido e substrato a granulometria fine.

**Materiali impiegati:**

- geostuoia tridimensionale in materiale sintetico: nylon, polipropilene, polietilene ad alta densità. Spessore minimo 18 mm, resistente alla trazione non inferiore a 2 kN/m, grado di vuoto non inferiore al 90%;

- staffe metalliche Ø min 8 mm;
- ghiaio per intasamento;
- bitume;
- miscela di sementi.

*Modalità di esecuzione:*

- riprofilatura del terreno con asportazione di eventuali apparati radicali ed eliminazione delle irregolarità superficiali, in modo da assicurare l'aderenza della geostuoia;
- formazione di un solco di almeno 50 cm a monte della scarpata;
- semina a spaglio;
- stesura della geostuoia all'interno del solco e suo fissaggio con staffe metalliche;
- copertura del solco;
- stesura della geostuoia lungo la scarpata e fissaggio con staffe in quantità tali da garantire la stabilità e l'aderenza della geostuoia;
- riempimento con ghiaio;
- bitumatura a freddo che legni i singoli elementi mantenendo una porosità sufficiente per permettere l'attecchimento e lo sviluppo delle specie vegetali;
- risemina a spaglio o idrosemina.

*Prescrizioni:*

- i sormonti laterali dovranno essere di almeno 10 cm;
- la stesura e il fissaggio della georete deve tenere conto della direzione del flusso dell'acqua, onde evitare lo scalzamento della georete per l'infiltrazione dell'acqua;
- qualora la stuoia venga impiegata lungo le

sponde dei corsi d'acqua è necessario che la posa in opera avvenga procedendo nel senso contrario alla corrente (in tal modo i sormonti sono automaticamente posizionati ad evitare infiltrazioni d'acqua tra una stuoia e l'altra).

*Vantaggi:* copertura immediata della superficie.

*Svantaggi:* costi elevati.

*Effetti:* effetto stabilizzante, funzionale e visivo immediati.

*Periodo di intervento:* stesura della georete e bitumatura possono essere eseguite in qualsiasi periodo dell'anno.

Le semine dovranno essere effettuate dalla primavera all'autunno con esclusione dei periodi di siccità; l'eventuale messa a dimora di specie arbustive dovrà avvenire durante il periodo di riposo vegetativo con esclusione dei periodi di gelo invernale.

*Possibili errori:*

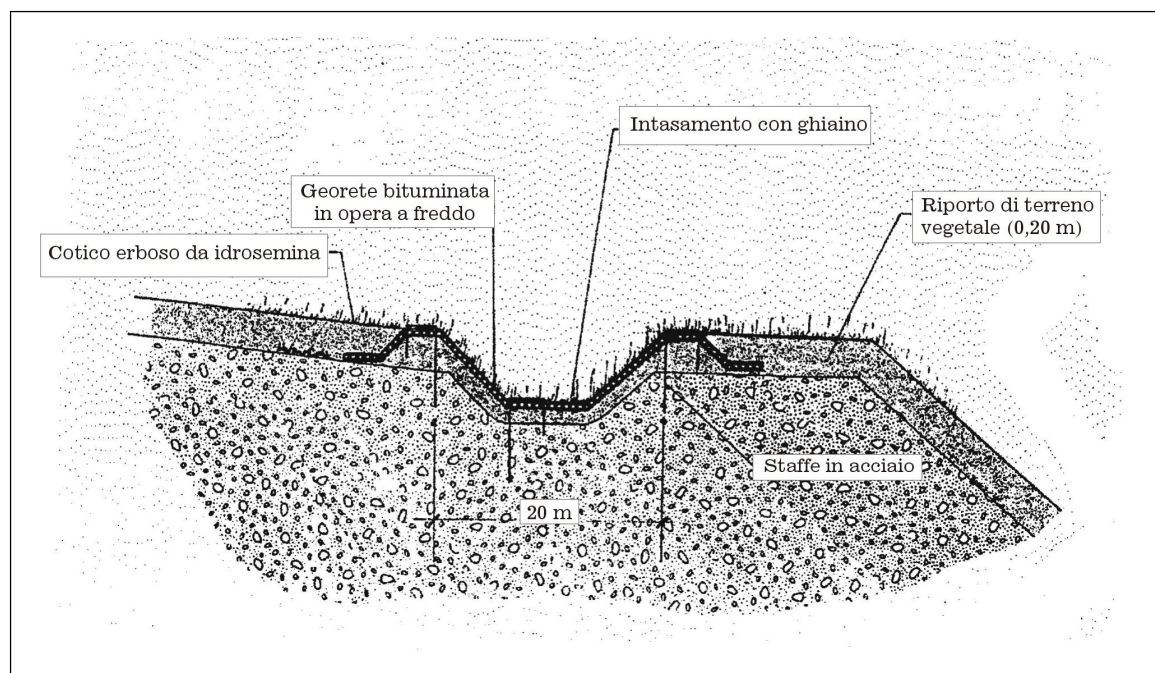
- insufficiente fissaggio con staffe della georete al substrato, evidente nei casi di eventi meteorici eccezionali;
- insufficiente o assente risvolto e fissaggio della georete nel solco a monte e avale della scarpata;
- eccesso di bitumatura.

*Analisi prezzi:* si veda la **tabella 14.14**.

**Tab. 14.14** - Geostuoia bitumata a freddo: analisi dei prezzi

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo
<i>a) Manodopera:</i>				
Operaio specializzato	Ora			
Operaio qualificato	Ora	0,25		
Operaio comune	Ora	0,50		
<i>b) Noli:</i>				
Autocarro	Ora	0,02		
Escavatore	Ora	0,02		
Pompa irroratrice	Ora	0,01		
<i>c) Materiali:</i>				
Geostuoia tridimensionale in materiale sintetico	m <sup>2</sup>	1		
Sfridi	%	55		
Ghiaio	Kg	20		
Bitume	Kg	1,5		
Picchetti o staffe acciaio	Kg	1,4		
Idrosemina	m <sup>2</sup>	1		
Talee di salice o tamerice	Unità	1		
<b>Prezzo di applicazione</b>			<b>Euro/m<sup>2</sup></b>	<b>27,89 ÷ 33,57</b>
			<b>£/m<sup>2</sup></b>	<b>54.000 ÷ 65.000</b>

Fig. 14.8 - Esempio di geostuoia bitumata a freddo, in sezione



#### 14.1.12 Geostuoia tridimensionale in materiale sintetico prebitumata industrialmente a caldo

**Descrizione sintetica:** materiale sintetico impiegato per il rivestimento di superfici a contatto con l'acqua. La geostuoia è costituita di materiale sintetico tridimensionale, con spessore minimo di 18 mm e resistente alla trazione. La geostuoia viene bitumata industrialmente. Il fissaggio alla scarpata avviene mediante l'infissione di staffe o picchetti. Vengono abbinate a semina e messa a dimora di arbusti (fig. 14.9).

**Voce di capitolato:** rivestimento di superfici spondali con lavorazione in presenza d'acqua (canalette, fossi di guardia, canali e corsi d'acqua) mediante stesura di geostuoia tridimensionale in materiale sintetico (nylon) di almeno 18 mm di spessore; la geostuoia avente resistenza a trazione non inferiore a 2,5 kN/m, temperatura di fusione non inferiore a 215 °C intasata industrialmente a caldo con una miscela permeabile pietrisco-bitume-additivi dovrà avere una permeabilità sotto battente idraulico di 10 cm non inferiore a  $10^{-2}$  m/s ed un peso complessivo non inferiore a 20 kg/m<sup>2</sup>; fissaggio della stessa mediante interro alle estremità in apposito solco per almeno 50 cm e picchettature con staffe metalliche di diametro opportuno ed in quantità tali da garantire stabilità ed aderenza della geostuoia sino ad accrescimento avvenuto del cotico erboso. Tale rivestimento deve essere sempre abbinato ad una semina, che precede la stesura della geostuoia, di minimo 40 g/m<sup>2</sup> di semente con le modalità di cui ai punti precedenti. Una idrosemina a spessore di rincalzo dovrà essere eseguita an-

che sopra la georete ove la prima semina sia avvenuta in periodo stagionale sfavorevole. Possono inoltre essere eseguiti, a posteriori, dei tagli a croce per la messa a dimora di specie arbustive autoctone corredate da certificazione di origine. Dovrà essere accurato il fissaggio di eventuali fasce parallele di georete, in particolare tenendo conto della direzione del flusso.

**Campi di applicazione:** superfici generalmente a contatto con l'acqua, quali canalette, fossi di guardia, sponde di canali e di corsi d'acqua.

**Applicabilità della tecnica in funzione statica, idraulica, naturalistica:** corsi d'acqua a bassa pendenza, bassa velocità, basso trasporto solido e substrato a granulometria fine.

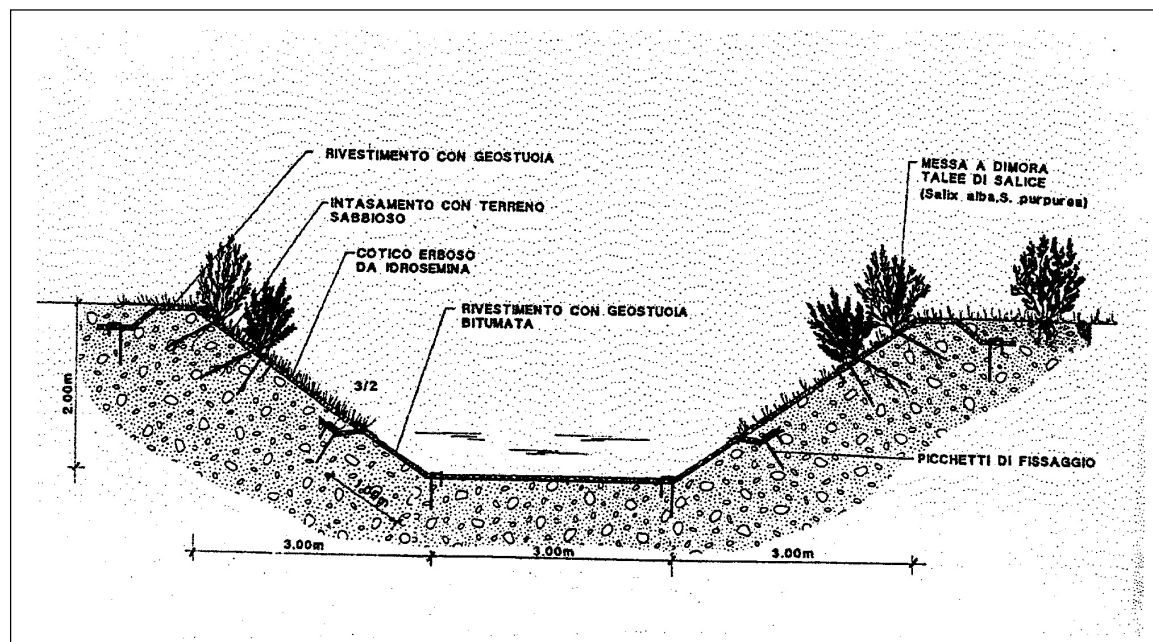
#### Materiali impiegati:

- geostuoia tridimensionale in materiale sintetico: nylon, polipropilene, polietilene ad alta densità. Spessore minimo di 18 mm, resistente alla trazione non inferiore a 2,5 kN/m, temperatura di fusione non inferiore a 215 °C, intasata industrialmente a caldo con una miscela permeabile pietrisco/bitume/additivi;
- staffe metalliche  $\varnothing$  8 mm minimo;
- miscela di sementi.

#### Modalità di esecuzione:

- riprofilatura del terreno con asportazione di eventuali apparati radicali ed eliminazione delle irregolarità superficiali, in modo da assicurare l'aderenza della geostuoia;
- formazione di un solco di almeno 50 cm a monte della scarpata;
- semina a spaglio;
- stesura della geostuoia all'interno del solco e suo fissaggio con staffe metalliche;

Fig. 14.9 - Geostuoia tridimensionale in materiale sintetico prebitumata industrialmente a caldo



Tab. 14.15 - Geostuoia tridimensionale in materiale sintetico prebitumata industrialmente a caldo: analisi dei prezzi

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo
<i>a) Manodopera:</i>				
Operaio specializzato	Ora			
Operaio qualificato	Ora	0,08		
Operaio comune	Ora	0,10		
<i>b) Noli:</i>				
Autocarro	Ora	0,05		
Escavatore	Ora	0,05		
<i>c) Materiali:</i>				
Geostuoia tridimensionale in materiale sintetico prebituminata a caldo	m <sup>2</sup>	1		
Picchetti o staffe acciaio	Kg	1,4		
Idrosemina	m <sup>2</sup>	1		
Talee di salice o tamerice	Unità	1		
<b>Prezzo di applicazione</b>			<b>Euro/m<sup>2</sup></b>	<b>42,35 ÷ 49,06</b>
			<b>£/m<sup>2</sup></b>	<b>82.000 ÷ 95.000</b>

- copertura del solco;
- stesura della geostuoia lungo la scarpata e fissaggio con staffe in quantità tali da garantire la stabilità e l'aderenza della geostuoia;
- risemina a spaglio o idrosemina.

**Prescrizioni:**

- i sormonti laterali dovranno essere di almeno 10 cm;
- la stesura e il fissaggio della georete deve tenere conto della direzione del flusso dell'acqua, onde evitare lo scalzamento della georete per l'infiltrazione dell'acqua;
- qualora la stuoia venga impiegata lungo le sponde dei corsi d'acqua è necessario che la posa in opera avvenga procedendo nel senso

contrario alla corrente (in tal modo i sormonti sono automaticamente posizionati ad evitare infiltrazioni d'acqua tra una stuoia e l'altra).

*Vantaggi:* facilità d'impiego, copertura immediata della superficie.

*Svantaggi:* costo elevato.

*Effetto:* stabilizzante, funzionale e visivo immediato.

*Periodo di intervento:* stesura della georete e bitumatura possono essere eseguite in qualsiasi periodo dell'anno. Le semine dovranno essere effettuate dalla primavera all'autunno con



esclusione dei periodi di siccità; l'eventuale messa a dimora di specie arbustive dovrà avvenire durante il periodo di riposo vegetativo con esclusione dei periodi di gelo invernale.

*Possibili errori:*

- insufficiente fissaggio con staffe della georete al substrato, evidente nei casi di eventi meteorici eccezionali;
- insufficiente o assente risvolto e fissaggio della georete nel solco a monte e avalle della scarpata.

*Analisi prezzi:* si veda la **tabella 14.15**.

**14.1.13 Rivestimento vegetativo in rete metallica a doppia torsione e geostuoia tridimensionale**

*Descrizione sintetica:* copertura di scarpate soggette ad erosione mediante la stesura di una rete sintetica tridimensionale, spessore minimo 10 mm, sormontata da una rete metallica a doppia torsione. Rete e geostuoia vengono fissati al terreno mediante picchetti, che vengono legati a monte e a valle con una fune di acciaio. Nel caso di versanti molto ripidi e particolarmente friabili, tutti i picchetti vengono collegati mediante la fune d'acciaio per migliorare l'aderenza al substrato. Il rivestimento viene abbinato a idrosemina a spessore e messa a dimora di arbusti autoctoni e di talee di specie con capacità di propagazione vegetativa.

*Voce da capitolato:*

- in rete zincata;
- in rete zincata e plastificata;
- in geocomposito.

Rivestimento di scarpate in terreno molto ripide soggette a fenomeni di erosione accelerata mediante stuoia tridimensionale di spessore minimo 10 mm, di massa areica minima pari a 300 g/m<sup>2</sup> ed una rete metallica a doppia zincatura e doppia torsione, Ø 2,7 mm maglia 6 x 8 cm. Le superfici da trattare per il rivestimento dovranno essere liberate da radici, pietre, ecc. ed eventuali vuoti andranno riempiti in modo da ottenere una superficie uniforme affinché la biostuoia e la rete metallica possano adagiarsi perfettamente al suolo. Prima si stenderà sulla pendice la rete tridimensionale che verrà picchettata a monte, mentre i teli verranno stesi verticalmente uno vicino all'altro con una sovrapposizione di circa 5-10 cm onde evitare l'erosione fra le fasce. La picchettatura in scarpata sarà in ragione di 1-2 picchetti per m<sup>2</sup>; gli stessi saranno metallici a forma di cambretta o a "T", formati con tondino d'acciaio di Ø 6 mm e lunghezza 20 cm. Successivamente verrà fissata al terreno la rete metallica: essa verrà picchettata a monte e lungo le fasce con picchetti d'acciaio a "T", della lunghezza di 50-100 cm dello spessore di 12-14 mm (in funzione della consistenza del terreno di posa); la picchettatura sulla rete metallica sarà in ragione di 1-2 pic-

chetti per m<sup>2</sup> a seconda della regolarità della superficie del terreno, inclusa eventuale perforazione e boiaccatura con miscela acqua e cemento e compreso il fissaggio in testa e al piede a mezzo fune d'acciaio; il tutto nelle quantità tali da garantire la stabilità e l'aderenza della rete. Nel caso di rocce particolarmente friabili verranno operate delle legature in fune d'acciaio anche tra i chiodi lungo la superficie a miglioramento dell'aderenza della rete al substrato. Tale rivestimento va in genere abbinato con un'idrosemina a *mulch* a forte spessore realizzata in maniera da intasare completamente lo spessore della rete tridimensionale.

*Campi di applicazione:* scarpate soggette ad erosione.

*Materiali impiegati:*

- geostuoia tridimensionale min. 10 mm di spessore e massa minima pari a 300 g/m<sup>2</sup>;
- rete metallica doppia torsione Ø 2,7 mm, maglia 6 x 8 cm;
- picchetti metallici a forma di cambretta o a "T", Ø 6 mm, L = 20 cm per la scarpata;
- picchetti d'acciaio a "T", Ø 12 ÷ 14 mm, L = 50 ÷ 100 cm a monte della scarpata;
- fune d'acciaio;
- idrosemina a *mulch*;
- talee e arbusti.

*Modalità di esecuzione:*

- regolarizzazione della scarpata con allontanamento di radici, massi, ecc.;
- stesura per file parallele dei teli di geostuoia tridimensionale, avendo cura di sovrapporre lateralmente i teli per almeno 10 cm;
- fissaggio della geostuoia a monte e lungo la scarpata mediante i picchetti in acciaio, secondo quantità variabili dipendenti dalla pendenza della scarpata stessa;
- stesura e fissaggio della rete metallica a doppia torsione al di sopra della geostuoia;
- qualora si renda necessario per motivi di ancoraggio dei tondini, gli stessi dovranno essere posti in opera previa perforazione e successiva boiaccatura con miscela di acqua e cemento;
- legatura dei tondini, dotati di anello, mediante fune di acciaio sia a monte che a valle della scarpata;
- idrosemina a *mulch* in quantità tale da garantire il riempimento degli spazi della geostuoia tridimensionale;
- messa a dimora di talee e arbusti, previa formazione nella geostuoia di un taglio a croce.

*Prescrizioni:*

- la sovrapposizione dei teli si rende necessaria per evitare l'erosione laterale delle fasce stese;
- la geostuoia e la rete dovranno essere perfettamente adagiate e a contatto con il suolo sottostante, avendo cura di evitare la formazione di spazi vuoti;
- la quantità di picchetti per m<sup>2</sup> dovrà essere

**Tab. 14.16** - Rivestimento vegetativo in rete metallica a doppia torsione e geostuoia tridimensionale

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo
<i>a) Manodopera:</i>				
Operaio specializzato	Ora			
Operaio qualificato	Ora	0,08		
Operaio comune	Ora	0,08		
<i>b) Noli:</i>				
Autocarro	Ora	0,05		
Verricello	Ora	0,30		
Compressore con pistola perforatrice	Ora	0,20		
<i>c) Materiali:</i>				
Geostuoia tridimensionale abbinata a rete metallica	m <sup>2</sup>	1		
Picchetti	Kg	2,8		
Fune	m	0,2		
Morsetto serrafune d'acciaio	cad	2		
Malta antiritiro	Kg	0,2		
Idrosemina a spessore	m <sup>2</sup>	1		
Staffe in tondino di ferro	Kg	1,4		
<b>Prezzo di applicazione</b>			<b>Euro/m<sup>2</sup></b>	<b>49,06 ÷ 54,23</b>
			<b>£/m<sup>2</sup></b>	<b>95.000 ÷ 105.000</b>

valutata in base alla pendenza della scarpata, comunque in quantità non inferiori a 1 ÷ 2 picchetti per m<sup>2</sup>.

*Vantaggi:* metodo di rivestimento rapido e di facile realizzazione. Immediata funzione antierosiva.

*Svantaggi:* la presenza di reti metalliche sulla superficie spondale artificializza la struttura e può creare pericolo per la fauna se non resa accuratamente aderente al substrato.

*Effetto:* rapido arresto dell'erosione superficiale.

*Periodo di intervento:* la stesura delle reti e delle geostuoie può avvenire in qualsiasi periodo dell'anno, mentre le semine verranno eseguite da marzo a settembre e la messa a dimora di talee e arbusti nel periodo di riposo vegetativo.

*Analisi prezzi:* si veda la **tabella 14.16**.

## 14.2 Interventi stabilizzanti

### 14.2.1 Messa a dimora di talee

*Descrizione sintetica:* infissione nel terreno o nelle fessure tra massi di pezzi di talee di specie vegetali con capacità di propagazione vegetativo (**fig. 14.10**).

*Descrizione voce da capitolato:*

- salici;

- tamerici;
- altre specie.

Fornitura e messa a dimora di talee legnose di specie arbustive idonee a questa modalità di trapianto vegetativo prelevate dal selvatico di due o più anni di età, di Ø 1 ÷ 5 cm e lunghezza minima di 50 cm, messe a dimora nel verso di crescita previo taglio a punta e con disposizione perpendicolare o leggermente inclinata rispetto al piano di scarpata. Le talee verranno infisse a mazza di legno o con copristesta in legno, previa eventuale apertura di un foro con punta di ferro, e dovranno sporgere al massimo per un quarto della loro lunghezza adottando, nel caso, un taglio netto di potatura dopo l'infissione. La densità di impianto dovrà essere di 2 ÷ 10 talee per m<sup>2</sup> a seconda delle necessità di consolidamento. Le talee dovranno essere prelevate, trasportate e stoccate in modo da conservare le proprietà vegetative adottando i provvedimenti cautelativi in funzione delle condizioni climatiche e dei tempi di cantiere. La messa a dimora dovrà essere effettuata di preferenza nel periodo invernale e a seconda delle condizioni stagionali anche in altri periodi con esclusione del periodo di fruttificazione.

*Materiali:*

- talee di salice: L = 80 cm; Ø = 5 ÷ 8 cm;
- getti non ramificati, di 2 o più anni (di specie con capacità di propagazione vegetativa: ad esempio, tamerici): Ø = 3 ÷ 5 cm, L = 0,60 ÷ 1,0 m.