



Assessorato Regionale Agricoltura e foreste

***Proposta di:
Piano forestale regionale
PFR 2009-2013***

Documento di indirizzo "E"

***Manuale
per la corretta realizzazione e
manutenzione delle opere di
salvaguardia dei versanti***

Regione Siciliana

Realizzazione a cura di:



Regione Siciliana

Assessore Regionale Agricoltura e Foreste

Dipartimento Regionale delle Foreste

Dirigente Generale: Arch. Pietro Tolomeo.

Servizio Programmazione e Monitoraggio

Dirigente responsabile: Ing. Anselmo Ganci

U. O. B.1 Sistemi informativi e inventario forestale

Dirigente responsabile: Dott. Roberto Cibella

Assistenza tecnica del Progetto



Accademia Italiana di Scienze Forestali



dca

dipartimento **colture arboree**

Università degli Studi di Palermo – Facoltà di Agraria

(Misura 7.01 del POR Sicilia 2000-2006 – Cod. Id. 1999.IT16.IPO.0.11/7.01/2.49/0003)



UNIONE EUROPEA



Responsabile Scientifico

Prof. Orazio Ciancio

Sommario	
1.	Definizioni, metodi, finalità 4
2.	Le tecniche di Ingegneria Naturalistica..... 7
3.	I materiali 9
3.1	Materiali vegetali vivi..... 9
3.1.1	Sementi 10
3.1.2	Semenzali 11
3.1.3	Talee e astoni 11
3.1.4	Piote o zolle erbose 12
3.2	Materiali organici inerti naturali e artificiali 12
3.3	Materiali organici e inorganici naturali 13
3.4	Materiali inorganici industriali..... 14
4.	Interventi di restauro ambientale mediante rimboschimenti..... 17
5.	Interventi antiersivi di rivestimento 21
5.1	Rivestimenti antiersivi con materiali biodegradabili..... 21
5.2	Rivestimenti antiersivi con materiali sintetici..... 22
5.3	Inerbimenti..... 22
5.4	Schede tecniche..... 23
	scheda 1: Semina a spaglio..... 24
	scheda 2: Semina a paglia e bitume 25
	scheda 3: Idrosemina 27
	scheda 4: Semina a strato con terriccio 28
	scheda 5: Semina con fiorume 29
	scheda 6: Semina di piante legnose..... 30
	scheda 7: Biotessile in juta (geojuta) 31
	scheda 8: Biostuoia in paglia, in cocco, in cocco e paglia..... 33
	scheda 9: Biotessile in cocco 35
	scheda 10: Biostuoia in trucioli di legno..... 37
	scheda 11: Geostuoia tridimensionale sintetica..... 39
	scheda 12: Geocelle a nido d'ape in materiale sintetico 41
	scheda 13: Rete metallica a doppia torsione 44
6.	Interventi stabilizzanti 47
6.1.1	Piantagioni 47
6.1.2	Viminate vive 47
6.1.3	Gradonate vive 48
6.2	Schede tecniche..... 48
	scheda 14: Messa a dimora di talee 49
	scheda 15: Piantagione di arbusti 52
	scheda 16: Piantagione di alberi 54
	scheda 17: Viminata viva 56
	scheda 18: Gradonata viva 58
	scheda 19: Cordonata orizzontale esterna viva con piloti 62
7.	Interventi combinati di consolidamento 65
7.1.1	Grate vive 65
7.1.2	Palificate vive 65
7.1.3	Gabbionate 65
7.1.4	Murature a secco 66
7.1.5	Cuneo filtrante 66
7.1.6	Terre rinforzate 67
7.2	Schede tecniche..... 67
	scheda 20: Grata viva su scarpata..... 68
	scheda 21: Palificata viva di sostegno semplice 70
	scheda 22: Gabbionata in rete metallica zincata rinverdata 72
	scheda 23: Terra rinforzata rinverdata..... 74
	scheda 24: Muro a secco rinverdato 77
	scheda 25: Cuneo filtrante 79
Bibliografia..... 81	

1. Definizioni, metodi, finalità

L'ingegneria naturalistica è una disciplina tecnica che utilizza le piante vive negli interventi antierosivi e di consolidamento, in genere in abbinamento con altri materiali (paglia, legno, pietrame, reti metalliche, biostuoie, geotessuti, etc).

I campi di applicazione sono vari e spaziano dai problemi classici di erosione dei versanti, delle frane, delle sistemazioni idrauliche in zona montana, a quelli del reinserimento ambientale delle infrastrutture lineari (scarpate stradali e ferroviarie, condotte interrato, canali), a quelli delle cave e discariche, delle sponde dei corsi d'acqua planiziali, degli insediamenti industriali e altre infrastrutture puntuali, dei consolidamenti costieri, a quelli dei semplici interventi di rinaturalizzazione e ricostruzione di elementi delle reti ecologiche.

Le finalità riconosciute degli interventi di ingegneria naturalistica (I.N.) sono principalmente quattro:

- 1) **tecnico-funzionali**: con riferimento all'efficacia ad esempio antierosiva e di consolidamento di un versante franoso, di una sponda o di una scarpata stradale;
- 2) **naturalistiche**: in quanto non semplice copertura a verde, ridotta spesso ad una semplice semina, ma ricostruzione o innesco di ecosistemi paraturali mediante impiego di specie autoctone degli stadi delle serie dinamiche della vegetazione naturale potenziale dei siti di intervento;
- 3) **paesaggistiche**: di "ricucitura" del paesaggio naturale circostante, effetto strettamente collegato all'impiego di specie locali;
- 4) **economiche**: in quanto strutture competitive e alternative ad opere tradizionali (ad esempio muri di controripa sostituiti da palificate vive o da terre verdi rinforzate).

All'interno del filone dell'ingegneria naturalistica si delineano in realtà tre principali settori, spesso collegati in sede operativa:

- ♣ la "rinaturazione" o "rinaturalizzazione" vera e propria cioè la ricostruzione di biotopi o ecosistemi paraturali, non collegata ad interventi funzionali anche se talvolta realizzata quale opera "compensatoria". Ad esempio la realizzazione di un biotopo umido o di un'area boscata realizzati in zona agricola nell'ambito del progetto di una nuova infrastruttura viaria;
- ♣ l'ingegneria naturalistica in senso stretto, cioè la realizzazione di sistemi antierosivi, stabilizzanti o di consolidamento realizzati con piante vive abbinate ad altri materiali, talvolta alternativi ad opere cosiddette "in grigio" cioè realizzate in calcestruzzo;
- ♣ i provvedimenti per la fauna, anche semplicemente tecnologici, e in particolare quelli per garantire la continuità degli habitat (rampe di risalita per pesci, sottopassi per anfibi, sottopassi e sovrappassi per ungulati etc).

Gli interventi di I.N. si differenziano da quelli di tipo tradizionale principalmente attraverso le analisi stazionali delle condizioni delle singole superfici di intervento con riferimento ad alcuni parametri fondamentali, la cui conoscenza è condizione prima del successo dell'intervento legato, come si è detto, alla crescita delle piante.

Per quanto riguarda la vegetazione si adotta normalmente la classificazione della scuola fitosociologica di Braun - Blanquet modificata da Pignatti e si fa riferimento alle associazioni vegetali di cui c'è ormai buona conoscenza su tutto il territorio nazionale.

Spesso nelle aree di progetto non sono più presenti le associazioni naturali dei luoghi. Si fa riferimento in tal caso alla vegetazione "potenziale" ed in particolare agli stadi delle serie dinamiche più attinenti con le singole condizioni di intervento.

Anche per la selezione delle specie di possibile impiego ci si riferisce a quelle spontanee presenti o potenziali della stazione. Alcuni gruppi sono più importanti di altri per le caratteristiche biotecniche che li rendono utilizzabili negli interventi di I.N.. Classico è l'impiego di specie arbustive (più che arboree) inclusi i suffrutici, e nell'ambito delle erbe di specie delle famiglie delle graminacee e delle leguminose.

Alcune particolarità vi sono anche nelle tecniche di propagazione, in particolare nell'uso di talee legnose di specie adatte alla riproduzione vegetativa a pieno campo. Classico il genere *Salix* utilizzato in tutta l'Europa centrale, ma anche di altri generi quali *Tamarix*, *Atriplex*, *Nerium*, etc in fase iniziale di applicazione in tutta l'area mediterranea.

Si dà per scontato l'uso quasi esclusivo di specie autoctone derivate da materiale di propagazione locale per evitare insuccessi o contaminazioni genetiche ed ecologiche in generale.

L'uso delle piante locali garantisce l'idoneità generale alle condizioni geo-pedologiche e fitoclimatiche del luogo fermi restando i problemi legati al periodo stagionale ed alle condizioni microambientali di messa a dimora.

Si tratta chiaramente di una disciplina "trasversale" che fa capo a vari settori tecnico-scientifici di cui si utilizzano, a fini applicativi, dati sintetici di analisi e di calcolo.

Le tecniche di ingegneria naturalistica sinora applicate nel Centro Europa sono circa un centinaio e si possono distinguere nelle seguenti categorie (Schiechtl, 1992 - A.A.V.V. 1997):

- 1) di rivestimento o antierosivi (tutti i tipi di semina, stuoie, materassini seminati, etc.);
- 2) stabilizzanti (messa a dimora di arbusti, talee, fascinate, gradonate, cordonate, viminate, etc.);
- 3) combinati di consolidamento (palificate vive, muri, grate vive, muri a secco con talee, cuneo filtrante, gabbionate e materassi verdi, terre rinforzate, etc.);
- 4) particolari (barriere antirumore e paramassi, opere frangivento, etc.).

Si tratta dunque soprattutto di effettuare il consolidamento superficiale e profondo ed il contemporaneo reinserimento naturalistico di versanti franosi, sistemazioni montane nonché di scarpate e superfici instabili abbinate alla realizzazione e gestione di infrastrutture (strade, ferrovie, cave, opere idrauliche, etc), in base ad una esigenza di riqualificazione dell'ambiente ormai universalmente riconosciuta.

A livello nazionale vi è ormai un grosso fermento di acquisizione di strumenti tecnici e normativi nei settori della rinaturalizzazione e dell'ingegneria naturalistica, sia da parte dei professionisti che dei funzionari pubblici e delle imprese.

È questo un settore ormai largamente affermato in Italia, sull'esempio del resto d'Europa dove la disciplina vanta molti decenni di anzianità. La società tedesca (*Gesellschaft für Ingenieurbiologie*) opera dal 1980, ma interventi sistematici di ingegneria naturalistica vennero iniziati in Austria, Germania e Svizzera già nel dopoguerra.

Il successo assunto recentemente in Italia dal settore è dovuto ad una sensibilità generalizzata per i problemi ambientali ed è in particolare collegata all'affermarsi a tutti i livelli amministrativi delle procedure di Valutazione di Impatto Ambientale. Gli interventi di ingegneria naturalistica infatti rientrano nel filone degli interventi di mitigazione che fanno ormai parte integrante delle progettazioni infrastrutturali e del territorio.

Questa attività è per buona parte legata alla progettazione degli interventi di "ricucitura" del territorio attraversato, in particolare nei settori infrastrutturali e produttivi (strade, ferrovie, cave, discariche, etc) per i quali i metodi dell'ingegneria naturalistica forniscono nuove soluzioni e notevoli possibilità di abbinamento della funzione tecnica (consolidamento di scarpate) con quella naturalistica di ricostruzione del verde.

Si parla di verde, ma in realtà è più esatto parlare (come già detto sopra) di ricostruzione di ecosistemi paraturali riferiti agli stadi delle serie dinamiche naturali (potenziali) della vegetazione delle aree di intervento. In ciò l'ingegneria naturalistica si differenzia dalle normali pratiche di giardinaggio ornamentale o architettonico legate in genere alle zone urbanizzate.

La realtà territoriale italiana è talmente varia da consentire praticamente l'impiego di quasi tutte le tecniche riconosciute a livello europeo. Ciò nonostante in sede progettuale ed esecutiva andrà effettuato un grosso sforzo di traduzione ed adattamento sia per quanto riguarda le specie da impiegare e gli ecosistemi di riferimento, sia di conseguenza per le tecniche ed i materiali. Questo sforzo di adattamento andrà fatto soprattutto a livello di singole regioni introducendo varianti specifiche locali.

2. Le tecniche di Ingegneria Naturalistica

Vengono di seguito presentate le schede di alcuni tipi di interventi di I.N. ritenuti tra i più adatti alle sistemazioni dei versanti e della difesa del suolo, con validità nazionale.

Per le tipologie di intervento si è adottata la divisione classica già citata e precisamente in:

- ♣ interventi antierosivi,
- ♣ interventi stabilizzanti,
- ♣ interventi combinati di consolidamento

Non sono state riportate alcune tecniche più tipicamente utilizzabili in ambito idraulico e alle sistemazioni di strade, cave, discariche che sono al di fuori degli obiettivi e delle finalità di questo manuale.

Il repertorio delle tecniche è comunque aperto sia per la auspicabile introduzione di adattamenti e varianti regionali, sia per nuove tecniche, sia per miglioramenti quali - quantitativi sempre possibili nel settore dell' I.N.

Per la stesura delle schede ci si è basati sulle esperienze originali degli Autori e sui suggerimenti derivati dalla Bibliografia ed in particolare da Schiechl, Florineth, Zeh.

Le schede sono organizzate in:

- ♣ Parte descrittiva (generalità) per ogni argomento;

- ✱ Descrizione sintetica
- ✱ Campi di applicazione
- ✱ Materiali impiegati
- ✱ Modalità di esecuzione
- ✱ Raccomandazioni
- ✱ Limiti di applicabilità
- ✱ Vantaggi
- ✱ Svantaggi
- ✱ Effetto
- ✱ Periodo di intervento
- ✱ Possibili errori

- ♣ Documentazione fotografica

- ♣ Sezione tipo

La documentazione grafica e fotografica è solo in parte derivata da esperienze regionali ed ha attinto a esperienze nazionali ed internazionali.

L'uso dei dati tecnici contenuti nelle schede prevede da parte dei progettisti uno sforzo di adattamento ad ogni singolo progetto. Va escluso l' utilizzo pedissequo che impedisce la personalizzazione del progetto e induce in possibili errori con conseguenze in fase di appalto e di esecuzione.

I periodi di intervento, ad esempio, sono riferiti ad una condizione media climatica, mentre va tenuto conto delle notevoli variazioni derivanti dai fattori di esposizione, altitudine, ecc. di ogni singola stazione.

Si è cercato di riportare al titolo di ogni scheda eventuali sinonimie. Per certe tecniche la denominazione, legata a quella di certi materiali, è ancora in fase di assestamento. Certi materiali vengono ad esempio per invalso uso definiti reti, stuoie, biostuoie, biotessili, ecc. senza tenere conto delle corrette definizioni merceologiche (rete = annodata agli incroci, stuoia = solo intreccio).

Al di là della denominazione, che crea spesso confusione in sede internazionale nelle traduzioni, ma anche nazionale sull'identificazione, vale la descrizione e la sezione tipo. Vanno citati in tal senso il dizionario plurilingue dei termini di I.N. (AA.VV. 1996) ed il glossario figurato plurilingue delle tecniche di I.N. in

preparazione da parte della Federazione Europea per l'Ingegneria Naturalistica (EFIB) con la partecipazione dell'AIPIN.

Va sottolineato che in tutto il manuale è stato usato il termine "piantagione" mentre è da considerarsi obsoleto il termine "piantumazione" ancora usato talvolta in certi progetti e capitolati.

Si deve precisare che nei disegni tridimensionali si perde la definizione dei particolari. Inoltre il disegno vuole essere schematico, una vista d'insieme non necessariamente realistica. Ciò che fa fede è invece la sezione tecnica.

3. I materiali

In funzione dei problemi da risolvere o dei miglioramenti da apportare ad un ecosistema paraturale, le tecniche d'ingegneria naturalistica utilizzano diversi materiali, seguendo il principio di associare materiali vivi (piante) e materiali inerti.

Attualmente, oltre ai materiali inerti naturali il mercato offre una vasta gamma di materiali industriali, perciò è opportuno suddividere i vari materiali disponibili in:

- ♣ Materiali vegetali vivi
- ♣ Materiali organici inerti naturali e artificiali
- ♣ Materiali organici e inorganici naturali
- ♣ Materiali inorganici industriali

3.1 Materiali vegetali vivi

Sono materiali provenienti dal mondo vegetale che hanno la capacità di rinnovarsi rapidamente rendendo più stabile il terreno:

1. Sementi;
2. Semenzali e trapianti di specie arbustive o arboree;
3. Talee di specie arbustive o arboree: la talea è un segmento di fusto separato dalla pianta madre capace di produrre radici avventizie e di rigenerare così un altro esemplare, a volte con sviluppi considerevoli ed in breve tempo (per es. salici, pioppi, noccioli).

Le talee possono presentarsi sotto diverse forme:

- ✱ *Culmo*: stelo di graminacea, in genere elofita, che produce un tallo;
 - ✱ *Talea piccola*: fusto legnoso di 50 a 100 cm di lunghezza ed un diametro < 1 - 2 cm.
 - ✱ *Talea grossa*: fusto legnoso di 3 m di lunghezza ed un diametro di 2 - 5 cm;
 - ✱ *Astone*: fusto legnoso sino a 7 m di lunghezza ed un diametro di 4 - 15 cm;
 - ✱ *Ramaglia*: rami dai quali non vengono eliminate le ramificazioni secondarie;
4. *Rizomi e radici*: parti di organi sotterranei di riserva, in prevalenza di elofite, capaci di produrre nuove piante;
 5. *Piote erbose* (zolle): insieme compatto di radici e fusti erbacei, di origine naturale o prodotti in vivaio; vengono commercializzati in elementi di dimensioni variabili (0.3x1x0.5 m), hanno uno spessore di 1-5 cm ed un peso di 20-30 kg/m².

Particolare attenzione andrà posta per la salvaguardia della vegetazione arborea e arbustiva presente in loco, in quanto, se compatibile con i lavori previsti, consente di ottenere, a costo zero, un recupero ambientale, nonché idrogeologico, più immediato e sicuro.

Quando si opera con materiale vegetale vivente il grado di attecchimento richiesto può essere variabile a seconda che si utilizzino piantine a radice nuda o in contenitore. Esso varia anche in relazione alla densità di impianto.

Di seguito, si possono riportare alcuni valori ottimali, considerando l'attecchimento uniformemente distribuito sul terreno. Al collaudo:

Piantina a radice nuda: non inferiore al 90%; Piantine in contenitore: non inferiore al 100%. Alla fine del periodo di garanzia: Piantina a radice nuda: non inferiore all'80%; Piantine in contenitore: non inferiore al 90%.

Qualora si eseguano dei recuperi ambientali in zone soggette al pascolo di animali domestici o selvatici è consigliato realizzare opportune recinzioni per la protezione delle piantine.

L'uso di mezzi meccanici idonei consente di ridurre l'impatto anche nelle importanti fasi di impianto del cantiere e di realizzazione dell'opera.

I recuperi ambientali si basano, oltre che su precise regole ecologiche, anche sul rispetto e sulla sensibilità nei confronti della flora e della fauna spontanea dell'ambiente in generale. Al termine dell'intervento è opportuno rimuovere tutti i residui di lavorazione ancora presenti nel cantiere (contenitori vari, parti di griglie o reti, filo di ferro).

3.1.1 Sementi

I principali obiettivi raggiungibili con l'impiego di idonei miscugli di sementi di specie erbacee sono di carattere idrogeologico (azione antierosiva), naturalistico e paesaggistico.

I campi d'applicazione degli inerbimenti sono vari:

- ♣ Versanti franosi;
- ♣ Piste da sci;
- ♣ Argini fluviali;
- ♣ Ex - cave;
- ♣ Discariche;
- ♣ Infrastrutture viarie o ferroviarie.

Particolare attenzione andrà posta nell'adeguato modellamento del terreno, nella corretta scelta del periodo d'intervento, ma soprattutto nella selezione del miscuglio delle sementi da impiegare in funzione delle condizioni pedoclimatiche e della vegetazione presente nella località in cui si intende intervenire.

Un buon miscuglio è composto da graminacee (ad azione radicale superficiale), da leguminose (ad azione radicale profonda e con capacità di arricchimento del terreno con azoto), e talvolta da specie arbustive o arboree.

Un ottimo prodotto può essere considerato il "fiorume" ricavabile dai fienili, anche se, il suo reperimento risulta difficoltoso, in quanto la fienagione avviene in un determinato periodo della stagione, precisamente prima che il seme raggiunga la piena maturità (questo per ottenere un prodotto di grande nutrimento per gli animali). Il taglio precoce delle piante, pertanto, non permette di ottenere una grande quantità di seme maturo (le quantità richieste di fiorume sono comunque elevate 0.5 - 2 kg/m²); se ne consiglia pertanto l'uso solo su piccole superfici di notevole valore naturalistico) ed elevata qualità di semi, che possono essere utilizzati per miscugli e idrosemine.

La semina del fiorume o del seme prodotto in vivaio, da effettuarsi preferibilmente durante il periodo vegetativo, può avvenire manualmente o meccanicamente ed appartenere alle seguenti diverse tipologie:

- ♣ **Semina a spaglio;**
- ♣ **Idrosemina:** le sementi di specie erbacee sono poste in soluzioni acquose contenenti concimi chimici o organici, sostanze miglioratrici del terreno, leganti, prodotti fito-ormonici fibre vegetali, pasta di cellulosa; diverse sono le soluzioni possibili, in relazione alla tipologia ed alla quantità delle sostanze impiegate:
- ♣ **idrosemina semplice:** costituita da seme, fertilizzante e collante. Crea un letto di germinazione ottimale su terreni in cui è presente abbondante frazione fine e colloidale, ma con inclinazioni non superiori a 20°.
- ♣ **idrosemina con mulch:** è come la precedente, con l'aggiunta di mulch di fibre e di legno o di pasta di cellulosa. E' adatta a terreni con le stesse caratteristiche dell'idrosemina semplice ma con inclinazioni fino a 35° e con presenza di fenomeni erosivi di media intensità.
- ♣ **idrosemina con mulch a fibre legate:** è una idrosemina con mulch in fibre di legno di lunghezza controllata in quantità elevata e collante naturale ad elevata viscosità. 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° (1,2:141,7:1), mediamente poveri di materia organica e di frazione fine.
- ♣ **idrosemina a spessore:** è una idrosemina ricca di materiale organico (torba ed eventualmente compost) e mulch di fibre di legno. E' adatta alle situazioni in cui il substrato è particolarmente povero di materiale organico, è sassoso o roccioso. In condizioni difficili per forte pendenza e

sulle terre rinforzate si miscela della paglia triturrata da aggiungere all'ultimo passaggio per la formazione di una copertura che dovrà avere uno spessore variabile da 2 a 4 cm a seconda della quantità di materia organica.

- ♣ **Semina con coltre protettiva di paglia (*mulch*):** le sementi vengono distribuite sul terreno e poi ricoperte da materiale vegetale a funzione protettiva; è particolarmente idonea su superfici povere di humus;
- ♣ **Semina con coltre protettiva di paglia e bitume:** le sementi vengono coperte da sostanze vegetali (paglia) fissata da un'emulsione bituminosa a funzione protettiva.

E' comunque sempre consigliato l'inserimento di specie vegetali tipiche della zona, anche se l'azione miglioratrice del terreno di particolari specie pioniere transitorie può costituire un valido aiuto all'inse-
diamento di quelle definitive più esigenti, assicurandosi che non siano presenti specie particolarmente espansive.

3.1.2 Semenzali

Semenzali e trapianti di specie arbustive o arboree: si possono impiegare sulle rive dei corsi d'acqua (al piede delle sponde le piante elofite, nell'alveo le idro-fite) o sulle pendici instabili, anche ad integrazione del consolidamento effettuato con talee.

Gli alberi e gli arbusti possono essere acquistati a *radice nuda* (latifoglie), in *fitocella o con pane di terra* e l'apparato radicale dovrà essere proporzionato alle dimensioni della chioma; va sottolineato il fatto che, però, le piante a radice nuda non offrono le stesse garanzie di attecchimento di quelle in fitocella o con pane di terra.

Per quanto concerne la messa a dimora delle piantine, il periodo più idoneo è quello del riposo vegetativo. Particolare cura dovrà essere posta sia nell'acquisto del materiale vegetale, verificando attentamente la provenienza, lo stato sanitario (assenza di malattie, parassiti, ferite..) e le dimensioni, sia durante il trasporto e la messa a dimora delle piante, al fine di evitare di procurare loro ferite, traumi, essiccamenti.

3.1.3 Talee e astoni

Diverse specie (*Salix spp.*, *Populus spp.*) hanno la capacità di svilupparsi a partire da semplici rami o loro parti, denominate appunto talee (getti non ramificati, lignificati, della lunghezza da 25 a 60 cm) o astoni (getti diritti poco ramificati con una lunghezza lunghi 1-3 m). Con esse si possono realizzare alcune tra le tipologie di consolidamento del terreno più importanti, quali:

- ♣ **La viminata:** talee intrecciate tra paletti;
- ♣ **La fascinata:** rami lunghi e raccolti a mazzi, di lunghezza > 1m (astoni); si possono così realizzare consolidamenti di pendici soggette ad erosione, nonché drenaggi;
- ♣ **La difesa spondale con ramaglia** (getti ramificati di almeno 60 cm di lunghezza e di differente spessore): fasci di rami stesi in una nicchia d'erosione di una sponda fluviale e trattenuti da pali di legno; l'effetto filtrante della struttura determina un deposito dei materiali fini trasportati in sospensione dalla corrente che aumenta la stabilità dell'opera, la quale protegge la sponda dall'azione erosiva dell'acqua;
- ♣ **La copertura diffusa con astoni (3 m):** grosse talee disposte sulle sponde dei corsi d'acqua in modo da formare un rivestimento dell'intera superficie e svolgere così una funzione antierosiva;
- ♣ **Il rinverdimento dei manufatti:** le talee sono utilissime per poter rinverdire le opere di consolidamento, di sostegno o di difesa spondale quali: gabbioni, scogliere, muri di sostegno o palificate.
- ♣ L'epoca del taglio e dell'utilizzo delle talee è legata al periodo di riposo vegetativo delle diverse specie e, quindi, a quello autunnale - primaverile; tutte le talee per potere radicare e svilupparsi, devono essere dotate di gemme laterali. Le talee, se poste orizzontalmente, producono una maggiore massa di radici, a differenza di quelle poste in senso verticale. Particolare attenzione andrà, infine, posta durante il trasporto e lo stoccaggio al fine di evitarne l'essiccamento.

Si dovrebbero impiegare parti di piante legnose quanto più grosse e lunghe possibili - adattate di volta in volta al metodo di costruzione, poiché il successo della radicazione e della cacciata aumenta col crescere del volume dei rami. In base all'esperienza, i risultati migliori si ottengono con porzioni della grossezza

di un dito fino a quella di un braccio. Verghe e rami sottili disseccano facilmente e quindi vengono per lo più impiegati solo in combinazione con parti vegetali più grosse.

Per procacciarsi le quantità occorrenti di parti vegetali si hanno le seguenti possibilità a disposizione (Schiechtl, Stern, 1994):

- ♣ le parti di piante legnose possono essere ottenute da popolamenti naturali posti nelle vicinanze, affini dal punto di vista ecologico;
- ♣ nel corso di interventi colturali gli arbusti possono essere tagliati da sistemazioni già esistenti, eseguite con materiale idoneo e le parti legnose che ne derivano possono essere utilizzate;
- ♣ in caso di bisogno le parti vegetali necessarie possono essere ottenute anche da vivai, nel caso non siano disponibili o lo siano solo difficilmente;
- ♣ margotta: tecnica che consiste nel piegamento di un ramo o di un pollone e nel suo successivo interrimento: in tali condizioni vengono emesse nuove radici e, una volta che il ramo viene separato dalla pianta madre, si ha un nuovo esemplare -
- ♣ rizomi: si possono ottenere individui arborei o arbustivi anche utilizzando rizomi o loro pari.

3.1.4 Piote o zolle erbose

- ♣ **Piote o zolle erbose:** servono a proteggere le sponde o i pendii sistemati di recente. La posa in opera delle zolle può avvenire in diversi modi: a scacchiera, a linee oblique, a cordoni orizzontali, in modo continuo o isolatamente; gli eventuali spazi vuoti verranno chiusi naturalmente dalla vegetazione spontanea con il passare del tempo, anche se, a volte si potranno verificare difficoltà in tal senso. In relazione agli elevati costi d'impianto, gli interventi che prevedono al copertura totale potranno essere effettuati solo su piccole superfici o in zone molto importanti da un punto di vista naturalistico laddove l'impiego di specie autoctone risulti essere indispensabile; va sottolineato il fatto che l'utilizzo di zolle provenienti da località limitrofe è una garanzia d'idoneità del materiale di propagazione utilizzato.
- ♣ **Tappeto erboso:** assolve alle stesse funzioni delle piote erbose naturali, ma la sua produzione in vivaio offre alcuni vantaggi: maggiore disponibilità, maggiore uniformità e relativo migliore attecchimento.

3.2 Materiali organici inerti naturali e artificiali

I materiali di origine organica, ma senza capacità vegetativa, vengono detti inerti o "morti"; il loro uso può rendersi necessario, quando sia richiesta una efficacia immediata dell'intervento, che non possa essere garantita dalle piante a causa dei tempi necessari al loro sviluppo

- ♣ **Legname (tronchi, ramaglia, sciaveri):** viene impiegato con funzione di consolidamento temporaneo in attesa che la vegetazione subentri in tale ruolo. Si usano vari tipi di essenze: abete, larice, castagno sono i materiali più diffusi. Spesso ai fini di aumentarne la durata vengono scor-tecciati. Le dimensioni, sia lunghezza che diametro, variano a seconda degli impieghi: palificate vive, grate vive, palizzate vive, cordonate, copertura diffusa ecc.
- ♣ **Concimi organici:** da impiegarsi qualora il substrato sia povero di sostanze nutritive.
- ♣ **Ammendanti:** sostanze miglioratrici del terreno: idonee su substrati poveri di sostanze nutritive o con una struttura ed una tessitura del terreno non ottimali.
- ♣ **Mulch di legno, pasta di cellulosa vergine o riciclata: per impieghi nelle miscele da idrosemina.**
- ♣ **Stuoie o reti di juta, fibra di cocco o di altri vegetali** (es. paglia, sisal, kenaf): sono strutture a maglie aperte realizzate mediante tessitura (o annodatura) di fibre vegetali;
- ♣ **Biostuoie:** sono materassini di fibre vegetali (legno, paglia, cocco), contenute in reticelle polio-lefiniche o organiche (ad esempio juta), in commercio sono disponibili anche stuoie preseminate o preseminate e preconimate;
- ♣ Stuoie, reti e biostuoie possono essere impiegate in svariate condizioni, prevalentemente con funzione di controllo dell'erosione, nelle opere di:
 - ✱ Consolidamento di versanti franosi;
 - ✱ Consolidamento di dune costiere;
 - ✱ Consolidamento di piste da sci;

- ✱ Recupero di ex - cave;
- ✱ Consolidamento di rilevati artificiali (discariche, infrastrutture viarie e ferroviarie...);
- ✱ Costruzione di barriere antirumore;
- ✱ Realizzazione di parchi urbani ed impianti sportivi.

Questi materiali offrono svariati vantaggi:

- ♣ riduzione dell'erosione superficiale di origine idrica o eolica durante il delicato periodo post - intervento di sistemazione in attesa che la copertura vegetale si affermi; sono particolarmente utili in zone caratterizzate da notevoli avversità ambientali;
- ♣ non ostacolano, bensì favoriscono l'inerbimento delle superfici interessate le superfici interessate dall'intervento, sia grazie alla capacità di trattenuta delle particelle più fini utili allo sviluppo della vegetazione, sia per la costituzione di un supporto per le specie vegetali pioniere;
- ♣ riduzione dell'evaporazione idrica del terreno e capacità di conservazione di un certo grado di umidità del suolo: alcuni prodotti di origine naturale possono assorbire 2-3 l/m² di acqua;
- ♣ formazione di un benefico "effetto-serra" con conseguente trattenuta di calore;
- ♣ capacità di drenaggio superficiale degli accumuli di acqua nel terreno;
- ♣ disponibilità di una vasta gamma di prodotti con trama, struttura e resistenze diverse che si prestano all'applicazione in diverse condizioni.
- ♣ competitività economica rispetto a soluzioni tradizionali, in relazione ai costi di produzione, di tra sporto e di posa in opera.
- ♣ capacità di incrementare la fertilità del terreno in seguito alla loro decomposizione e conseguente apporto di sostanza organica; esse sono totalmente biodegradabili, in quanto costituite da cellulosa e lignina (si decompongono completamente in 1 - 6 anni) ed inoltre non sono dannose per piante ed animali.

3.3 Materiali organici e inorganici naturali

I materiali naturali usati tradizionalmente nell'ingegneria naturalistica sono:

- ♣ Terreno vegetale (organico)

In relazione al valore ecologico intrinseco del terreno vegetale, eventualmente presente, nell'area oggetto di un qualsiasi intervento sul territorio che prevede un successivo recupero ambientale, è consigliato provvedere alla rimozione ed allo stoccaggio del suddetto terreno che in seguito, potrà essere utilizzato in loco al fine di costituire un prezioso substrato per la messa a dimora di specie vegetali.

Il terreno vegetale eventualmente utilizzato e proveniente da altro sito dovrà rispondere a determinate caratteristiche, quali:

- ♣ Assenza di corpi estranei;
- ♣ Assenza di pietrame;
- ♣ Presenza di materiale inerte grossolano, avente un diametro > 2 mm, in quantità inferiore al 25% del volume totale;
- ♣ Assenza di materiale legnoso (tronchi, rami, radici);
- ♣ Assenza di agenti patogeni della vegetazione;
- ♣ Assenza di sostanze tossiche;
- ♣ Presenza della parte organica (batteri, microrganismi, microfauna, ecc.)

A tal fine l'analisi del suolo consentirà di evidenziare le caratteristiche fisico - chimiche del materiale.

E' importante non eccedere nella quantità di terreno vegetale adoperato in quanto le radici delle piante tenderebbero a colonizzare lo strato fertile, ma incoerente, senza ancorarsi al substrato roccioso, con possibili conseguenze di smottamenti per sovraccarico; è consigliato, quindi riportare uno strato di terreno non superiore a 5-10 cm di spessore.

- ♣ Fertilizzanti, compost, ecc. (organici)
- ♣ Pietrame, altri inerti (inorganici)

viene impiegato spesso per opere di protezione, di consolidamento e, più raramente, di sostegno, nonché per la realizzazione di opere trasversali quali le rampe di risalita per pesci;

3.4 Materiali inorganici industriali

Esistono diversi prodotti industriali che consentono di integrare efficacemente le tecniche "biologiche" e svolgere diverse funzioni in maniera permanente:

- ♣ controllo dell'erosione superficiale dovuta agli agenti meteorici
- ♣ controllo dell'erosione in ambito fluviale
- ♣ contenimento e rinforzo per la realizzazione di opere di sostegno
- ♣ rinforzo del terreno: aumento della resistenza al taglio del terreno al fine di aumentarne la stabilità e di realizzare pendii e opere di sostegno
- ♣ drenaggio
- ♣ separazione e filtrazione
- ♣ impermeabilizzazione
- ♣ contenimento e rafforzamento superficiale
- ♣ funzioni accessorie (fissaggio e collegamento)
- ♣ correzione ed integrazione delle proprietà chimico- fisiche dei terreni.

Questi materiali sono realizzati con acciaio, polimeri e sostanze chimiche di varia natura:

- ♣ *Geogriglie*: materiale polimerico sia deformabile che non, conformato a forma di griglia realizzato connettendo tra di loro e fissando nelle giunzioni i materiali polimerici stessi. Ne esistono di tre tipi: estruse, tessute e a nastri sovrapposti e saldati. Possono essere realizzate con poliestere, polipropilene, polietilene; possono essere dotate di rivestimento protettivo o meno. Sono materiali dotati di resistenze a trazione significative e di basse deformabilità, pertanto vengono usate prevalentemente nel rinforzo dei terreni (Opere di sostegno e pendii rinforzati) e per la ripartizione di carichi su terreni a bassa portanza.
- ♣ *Geotessuti*: sono strutture piane e regolari formate dall'intreccio di due o più serie di fili costituiti da fibre sintetiche, che consentono di ottenere aperture regolari e di piccole dimensioni. In relazione al telaio utilizzato si distinguono in tessuti: a trama e ordito, a maglia a catenella (warp knitted). Possono essere in poliestere o polipropilene (più raramente polietilene). Vengono usati con funzione di rinforzo, filtrazione e separazione nelle opere idrauliche e stradali e di consolidamento.
- ♣ *Geotessili non tessuti*: materiali costituiti da fibre polimeriche coesionate mediante agugliatura o termosaldatura. Ne esistono con caratteristiche idrauliche e meccaniche anche molto diverse e vengono usati con funzione di filtrazione e separazione nelle opere idrauliche, stradali e di consolidamento.
- ♣ *Reti metalliche a doppia torsione a maglie esagonali infilo d'acciaio*: vengono realizzate mediante la tessitura di trafilato d'acciaio. Per aumentarne la durabilità il filo viene galvanizzato con lega di zinco ed alluminio ed eventualmente plasticato. Possono avere diverse resistenze a seconda delle combinazioni diametro filo/tipo maglia. Sono reti per uso ingegneristico dotate di elevata resistenza e caratterizzate dalla capacità di confinare localmente le eventuali rotture o strappi.
Si utilizzano per molteplici applicazioni: realizzazione di elementi per rinforzo dei terreni, realizzazione di rivestimenti vegetativi (in abbinamento con biostuoie o geostuoie) per il controllo dell'erosione su scarpate ripide, realizzazione di gabbioni e materassi da riempire con pietrame che sono utilizzati nelle difese fluviali e nelle opere di sostegno.
- ♣ *Geostuoie tridimensionali*: sono costituite da filamenti di materiali sintetici (polietilene ad alta densità, poliammide, polipropilene o altro), aggrovigliati in modo da formare uno strato molto deformabile dello spessore di 10-20 mm, caratterizzato da un indice dei vuoti molto elevato (> 90%). Possono essere saturate con materiali naturali (ghiaia, bitume) e sintetici (gomme) per applicazioni particolari. Le geostuoie possono venire rinforzate mediante reti metalliche a doppia torsione e geogriglie.
- ♣ *Geocompositi drenanti*: sono costituiti dall'associazione (in produzione) di uno strato di geotessile (o di geostuoia) racchiuso tra uno o due strati di geotessile (o tra una membrana e un geotessile). Lo spessore complessivo del geocomposito può variare tra 5 e 30 mm. Svolgono funzione filtrante e drenante nelle trincee drenanti e nei dreni a tergo di opere di sostegno.

- ♣ **Geomembrane:** svolgono la funzione di barriere idrauliche per impermeabilizzare bacini, argini, canalette ecc. Possono essere polimeriche (HDPE, PVC, PP) o bentonitiche (argilla bentonitica intrappolata tra due geotessili).

A titolo riassuntivo possiamo elencare i materiali utilizzati per l'Ingegneria Naturalistica, nel seguente schema:

Materiali	Massa acqua g/mq	Durabilità (anni)		Resistenza alla torsione (kN/m)	
		Minima	Massima	Minima	Massima
Stuoia di Juta (o Rete di Juta)	200-500	1	2	1	2
Stuoia di cocco (o Rete di cocco)	400-900	5	8	5	10
Bistuoia di cocco	300-400	0.5	1	0.3	0.5
Bistuoia paglia	300-400	0.3	0.5	0.3	0.4
Bistuoia in legno	500-800	1	2	1.8	2.2
Geostuoia tridimensionale	500-800	>5		1.3	1.8
Geostuoia tridimensionale rinforzata	1.500-2.500	>5		38	200
Geogriglie	300-2.200	20	120	30	1000
Geotessuti	80-1.000	10	50	10	500
Reti metalliche a doppia torsione	1.200-1.750	30	>100	27	65

4. Interventi di restauro ambientale mediante rimboschimenti

I rimboschimenti tradizionalmente hanno costituito e costituiscono uno strumento sinergico e di completamento delle opere di natura idraulica nell'ambito della sistemazione dei bacini montani. Rappresentano l'input per il ripristino di un sistema naturale e proprio per questo rientrano tra le forme di restauro ambientale. I rimboschimenti non si configurano nel solo intervento di semina o di piantagione di specie forestali su terreno nudo, bensì in una serie di azioni che gradualmente conducono alla ricostituzione del bosco, laddove lo stesso è esistito, anche se non ne rimangono più tracce evidenti.

Rispetto al passato, oggi sono meno frequenti le situazioni in cui realizzare rimboschimenti su vaste superfici. Nello stesso tempo la maggiore attenzione verso l'ambiente e le questioni ad esso connesse, hanno provocato un'ampia riflessione sull'opportunità di modificare i criteri di ricostituzione dei sistemi forestali. Il rimboschimento rientra nel più vasto campo della gestione territoriale e la progettazione deve valutare anche i processi naturali di conquista dello spazio da parte della vegetazione forestale e adottare modalità di intervento atte ad assecondarle (Ciancio 2002).

Così, insieme al settore tradizionale di intervento volto al recupero dei versanti degradati e/o con limitazioni di natura stazionale tali da precludere ogni possibilità di utilizzazione agricola, ci sono ambiti nei quali procedere ad una ricucitura paesaggistica delle aree forestali disperse nel mosaico territoriale e ambiti interessati dalla ricolonizzazione forestale di aree abbandonate dall'agricoltura.

La ricostituzione spontanea della copertura forestale su campi e pascoli abbandonati è un fenomeno sempre più frequente e probabilmente più veloce di quanto si pensava, perché spesso le prime fasi della successione classica arbusteto-vegetazione arborea, si succedono in tempi brevi, rendendo così concreta la possibilità di una più rapida ricostituzione arborea su vaste superfici a partire da nuclei di specie già affermate (Giordano, 1995; Nocentini, 2000). Molto dipende dalla vicinanza di nuclei di disseminazione di specie arboree, dalle condizioni del suolo, dal regime idrologico, dalla presenza e dalla possibilità di movimento di specie animali che possono favorire o inibire la disseminazione e l'affermazione delle piante arboree e arbustive (Guidi et al., 1990; Bagnaresi e Minotta, 1994). In questi casi è necessario un attento monitoraggio dei processi in atto in modo da ricavare indicazioni che possono essere utili per assecondare i meccanismi spontanei o per creare le condizioni favorevoli al loro innesco in aree limitrofe.

Un altro caso riguarda i rimboschimenti destinati a costituire uno dei principali strumenti di ricucitura dei lembi residuali di vegetazione naturale e seminaturale nelle aree dominate dall'attività agricola. Ciò richiede che in fase di pianificazione e di progettazione si tenga in adeguato conto della complessità dei rapporti spaziali e funzionali intercorrenti tra gli elementi del paesaggio e la connessa varianza multiscalare nei diversi ordini gerarchici impiegati nella descrizione del paesaggio (Chirici et al., 2000). Inoltre, bisogna valutare i processi naturali di conquista dello spazio da parte della vegetazione forestale e adottare modalità di intervento atte ad assecondarli; ad esempio l'inserimento a piccoli gruppi di ecotipi locali, sulla falsa riga del pattern naturale della vegetazione, accelera la riconquista al bosco delle aree nude e la rioccupazione per via autonoma di vuoti e radure (Ciancio, 2001).

Il recupero dei versanti in preda ad intensi fenomeni di erosione superficiale e delle aree con limitazioni di natura pedologica e morfologica, tali da non poter essere più utilizzate per fini agricoli, rappresentano situazioni ancora oggi molto diffuse e per le quali le modalità di intervento sono diverse dai due precedenti casi. E' questo il contesto che in passato ha caratterizzato ampi territori del settore montano e collinare di molti bacini idrografici nell'ambito degli interventi di conservazione del suolo (Iovino e Menguzzato, 2002).

Nella progettazione di un impianto con specie forestali, l'obiettivo che si vuole perseguire è funzione delle condizioni ambientali entro cui ricadono le aree interessate e sul piano operativo alcuni aspetti devono essere preliminarmente considerati.

La individuazione delle aree da rimboschire andrebbe effettuata a scala di bacino avvalendosi di strumenti di supporto alla pianificazione del territorio. La valutazione dell'attitudine del territorio, intesa come idoneità potenziale, consiste nella scelta dei fattori ambientali da considerare al fine della distribuzione spaziale delle aree nelle quali la loro combinazione è tale da soddisfare i requisiti richiesti per l'uso considerato (CORONA *et al.*, 1998).

A questo fine l'applicazione di metodi di valutazione del territorio, come a esempio la *Land Capability Classification*, consente, in funzione del livello e del tipo di limitazioni, di eseguire una prima discriminazione tra le aree in cui è possibile realizzare impianti per arboricoltura da legno e quelle da recuperare al bosco mediante rimboschimenti. La capacità d'uso dei suoli, infatti, dipende sia dalle caratteristiche fisico-chimiche dei suoli, che da alcuni elementi del territorio (pendenza, stabilità dei versanti, condizioni climatiche, ecc.) che condizionano direttamente la possibilità di un determinato uso (es. limitazioni nella scelta delle colture, nella meccanizzazione, ecc.) o rendono il territorio vulnerabile ai processi di degradazione (es. erosione) (DIMASE e IOVINO, 1988).

L'altro aspetto da considerare riguarda la valutazione dei riflessi negativi che gli interventi progettati possono avere: dal decespugliamento alle eventuali opere di livellamento e spietramento del versante e, almeno nei primi anni post-impianto, alle cure colturali. È necessario, pertanto, un vaglio e una pianificazione iniziale, un controllo in fase di esecuzione e, eventualmente, un intervento di ripristino al termine dei lavori (CORONA *et al.*, 1996). L'impiego scorretto e intempestivo della meccanizzazione può causare costi indiretti che controbilanciano, in alcuni casi, i numerosi e giustificati motivi che ne hanno favorito la diffusione (LUCCI, 1993). Essa, infatti, ha una minore capacità di adattamento alle precipue caratteristiche stazionali, spesso assai mutevoli anche nell'ambito di un solo cantiere di rimboschimento.

Nella fase preparatoria i rischi *in situ* predominanti sono: a) erosione superficiale diffusa, incanalata e di massa; b) compattamento del suolo; c) asportazione e riduzione della sostanza organica o suo trasferimento in porzioni meno attive del suolo; d) alterazione del bilancio idrico del suolo; e) deterioramento dell'attività biologica e del ciclo degli elementi nutritivi (CORONA *et al.*, 1996).

Anche se l'evoluzione tecnologica consente adattamenti o miglioramenti al fine di operare in sicurezza ambientale nelle aree più svantaggiate e a rischio, è necessario comunque valutare l'opportunità di limitare l'intensa meccanizzazione di determinati interventi alle condizioni stazionali migliori.

Insieme a questi aspetti preliminari, i problemi tecnici da affrontare in fase di progettazione sono riconducibili a:

- ♣ analisi puntuale dei caratteri ambientali dell'area interessata dall'intervento (diagnosi della stazione): il termine stazione indica l'insieme delle condizioni ambientali che possono influenzare la crescita e lo sviluppo di una comunità vegetale. Gli elementi che concorrono a definire i caratteri ecologici della stazione sono climatici, pedologici e vegetazionali, tra i quali esistono precise relazioni. Oggi l'inquadramento ecologico dovrebbe essere completato anche da indagini sulla fauna e avifauna dell'area. Sono tutti fattori che consentono di conoscere l'ambiente in cui si deve operare e quindi decisivi per le azioni da intraprendere;
- ♣ definizione della tecnica colturale da applicare (scelta delle specie, materiale d'impianto, tecnica di impianto, cure colturali).

In merito alla scelta della specie è noto che bisogna conciliare le preferenze ecologiche di ciascuna specie con le possibilità di adattamento alle condizioni ambientali. Gli elementi da esaminare sono: a) condizioni climatiche e pedologiche dell'area; b) autoecologia delle specie (temperamento nei confronti dei principali elementi climatici, esigenze edafiche); c) adattabilità alle caratteristiche stazionali (in generale le specie indigene e le provenienze locali sono quelle che meglio si adattano alle condizioni ambientali in cui si opera).

Riguardo alle tecniche d'impianto (il decespugliamento, la lavorazione del suolo con eventuale spietramento e, in situazioni morfologiche particolari, modellamento dei versanti, la semina o la piantagione), dovranno essere seguite con modalità diverse in relazione alle condizioni morfologiche e pedologiche e a quelle climatiche dell'area con l'obiettivo di: a) eliminare e controllare la vegetazione preesistente; b) facilitare la piantagione e ridurre fenomeni di competizione per acqua, luce ed elementi nutritivi; c) creare

migliori condizioni per l'impianto, l'attecchimento e il rapido e proporzionato sviluppo degli apparati radicali; d) determinare il massimo sfruttamento delle acque piovane, specialmente dove il regime pluviometrico è sfavorevole e il rapporto precipitazioni/evapotraspirazione è deficitario.

Le cure colturali (risarcimenti, controllo della vegetazione arbustiva e erbacea, lavorazioni superficiali del suolo) dipendono molto dal tipo di vegetazione e dal suo grado di sviluppo che è legato alla fertilità del suolo, alla precedente destinazione e al precedente trattamento (decespugliamento). Tali interventi potranno essere finanziati per i primi tre anni dall'impianto, periodo necessario alle piantine per assumere dimensioni tali da superare la concorrenza.

Un discorso a parte merita il recupero delle aree soggette a intensi fenomeni di erosione di tipo calanchivo. In situazioni di abbandono colturale la sistemazione estensiva "in verde" dei calanchi, basata essenzialmente su indirizzi naturalistici, dovrebbe oggi infatti essere privilegiata rispetto alla capillare sistemazione idraulico-agraria un tempo operata direttamente dagli agricoltori. Tale sistemazione "in verde" si basa essenzialmente sulla realizzazione di briglie in terra, con la ricolonizzazione naturale aiutata dall'uomo delle risultanti colmate, corredata da semine e piantagioni di specie erbacee e arbustive nei compluvi minori e da affossature nelle aree precalanchive.

Per quanto attiene la scelta delle tecniche colturali da adottare nei rimboschimenti in funzione delle specifiche degli ambienti siciliani, si rimanda al *REPORT 3* "Tecniche di impianto e prime cure colturali impiegabili nelle piantagioni di arboricoltura da legno e rimboschimento in relazione alle specifiche degli ambienti siciliani".

5. Interventi antierosivi di rivestimento

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

5.1 Rivestimenti antierosivi con materiali biodegradabili

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 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.

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. 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.

I prodotti in materiali organici biodegradabili sono rappresentati da:

- ♣ Biotessili
 - ♣ Bioreti
 - ♣ Biofeltri
-

- ♣ Biostuoie

5.2 Rivestimenti antierosivi con materiali sintetici

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.

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.

I prodotti in materiale sintetico comprendono:

- ♣ Geostuoie tridimensionali
- ♣ Geocompositi antierosivi
- ♣ Rivestimenti vegetativi
- ♣ Geocelle

5.3 Inerbimenti

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 di inerbimento comprendono:

- ♣ Semina a spaglio
- ♣ Copertura con zolle erbose
- ♣ Sistema Nero - Verde
- ♣ Idrosemia


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.

5.4 Schede tecniche

- | | |
|---|--|
| 1. Semina a spaglio | 7. Biotessile in juta (geojuta) |
| 2. Semina a paglia e bitume | 8. Biostuoia in paglia, in cocco, in cocco e paglia |
| 3. Idrosemina | 9. Biotessile in cocco (sin. Stuoia di cocco) |
| 4. Semina a strato con terriccio | 10. Biostuoia in trucioli di legno |
| 5. Semina con fiorume | 11. Geostuoia tridimensionale in materiale sintetico |
| 6. Semina di piante legnose | 12. Geocelle a nido d'ape in materiale sintetico |
| | 13. Rete metallica a doppia torsione |

scheda 1: Semina a spaglio

Descrizione sintetica	Spargimento manuale di miscele di sementi, di origine certificata, su superfici destinate alla rivegetazione in accordo con le condizioni stazionali sia pedoclimatiche che biologiche. Laddove ve ne sia la necessità, la semina è abbinata allo spargimento di concimanti organici e/o inorganici.
Campi di applicazione	Superfici piane o con pendenze inferiori a 30°. Rinverdimenti temporanei per evitare erosione da ruscellamento ed eolica e limitare l'essiccamento
Materiali impiegati	Sementi di specie erbacee in composizioni strettamente legate alla località ed al contesto ambientale (suolo, roccia, microclima, analisi vegetazionale e floristica) e in quantità variabili da 30 a 60 g/m ² Concimanti organici e/o inorganici
Modalità di esecuzione	Preparazione del terreno mediante allontanamento del materiale più grossolano Spargimento manuale a spaglio della miscela di sementi, che dovranno essere leggermente ricoperte da terreno. Spargimento manuale o con mezzo meccanico di sostanze concimanti e ammendanti in quantità tale da garantire nutrimento alle sementi nella prima fase di crescita Manutenzione mediante sfalcio per evitare che le specie erbacee a rapido accrescimento soffochino le specie arboree e arbustive eventualmente messe a dimora Una semina a strisce può essere impiegata nel caso di quantità di sementi insufficienti: in tal caso non si ha nel primo anno una copertura completa, tuttavia la presenza di spazi liberi da vegetazione erbacea può favorire l'accrescimento delle eventuali specie legnose
Prescrizioni	La scelta delle sementi deve essere effettuata in seguito all'analisi stazionale, comprendente sia l'esame delle condizioni pedoclimatiche sia della composizione floristica e vegetazionale La miscela di sementi deve essere accompagnata da certificazione riguardante: origine specie, composizione della miscela, grado di purezza, grado di terminabilità.
Limiti di applicabilità	Pendenze eccessive Stazioni sottoposte a forte rischio di ruscellamento Substrati troppo poveri che richiedono apporto di nutrienti, fibra organica, concimanti, ecc.
Vantaggi	Copertura rapida, di facile realizzazione, basso costo. Non sempre è necessaria la copertura con terreno vegetale. Se la semina viene effettuata con prevalenza di leguminose, si ottiene un arricchimento del terreno in azoto e pertanto una preparazione del terreno.
Svantaggi	Limitato effetto in profondità. La crescita rapida delle specie vegetali può compromettere lo sviluppo di eventuali specie arboree e arbustive, qualora la base delle stesse non sia protetta da dischi pacciamanti. Non esercita una immediata azione di difesa.
Effetto	Effetto antierosivo superficiale attraverso il reticolo radicale approfondito nel terreno (10 -30 cm per le leguminose).
Periodo di intervento	Quello relativo alle semine, da marzo a ottobre, con esclusione dei periodi di siccità estiva e di gelo invernale.
Possibili errori	Semina fuori stagione Sementi scadute, qualità e numero di specie non corrispondenti alla certificazione Quantità in grammi non sufficiente
foto: (P.Cornelini)	 <p>Ca' i Fabbri - Pesaro, 1996</p>

scheda 2: Semina a paglia e bitume

Descrizione sintetica	Semina manuale che prevede la stesura di pacciamatura con paglia sul terreno e fissaggio della stessa con una emulsione bituminosa spruzzata a freddo. E' possibile ancorare maggiormente la paglia al terreno impiegando picchetti in legno o talee collegate tra loro con filo di ferro o juta o reti in nylon. L'intervento è stato brevettato oltralpe con il nome di metodo Schiechteln®.
Campi di applicazione	Substrati poveri di sostanza organica, suoli poco profondi e aridi situati a quote elevate. Risistemazione di cumuli, discariche minerarie, superfici di crollo recente.
Materiali impiegati	Paglia o fieno a fibra lunga (da 300 a 1.000 g/m) Concimi e fertilizzanti Miscela di sementi (30-60 g/m ²) Soluzione idrobituminosa (75 g/m ²) Talee (non per piste da sci) Filo di ferro o corda (spago, juta) (non per piste da sci) Eventuali additivi fitormonici (non per piste da sci)
Modalità di esecuzione	Preparazione del terreno ed eventuale riporto di terreno vegetale Posa di talee Stesura sul terreno di fieno o paglia a fibra lunga Collegamento delle talee con il filo di ferro Spargimento manuale della miscela di sementi Spargimento di concimi e fertilizzanti Spargimento della soluzione bituminosa
Prescrizioni	La quantità di concimi e fertilizzanti varia a seconda del periodo di intervento: in primavera sarà maggiore poiché la stagione consente alle piante di utilizzarne la maggior parte; in autunno minore per evitare il dilavamento della quantità non utilizzata dalle piante per l'arrivo della stagione fredda La paglia utilizzata deve essere perfettamente asciutta per evitare che il seme rimanga attaccato allo stelo
Limiti di applicabilità	Zone con prolungati periodi di siccità, pendii soggetti a movimento del terreno, in ambito mediterraneo solo per zone montane per esaltazione dell'effetto riscaldamento del bitume.
Vantaggi	Riduzione dell'erosione superficiale sia eolica che idrica; formazione di un particolare microclima (sia per temperatura che per umidità) in prossimità del terreno; riduzione della quantità di sementi asportata per dilavamento o per predazione da parte degli animali.
Svantaggi	Molta mano d'opera Lavorazione poco gradita dalle maestranze perché molto imbrattante Difficoltà di approvvigionamento della paglia a fibra lunga
Effetto	Rivestimento rapido e immediato di versanti soggetti a erosione superficiale, anche con scarsità di terreno vegetale. Tecnica adatta a aree soggette a erosione eolica.
Periodo di intervento	Per un miglior risultato la semina deve avvenire durante la primavera o l'autunno, con esclusione dei mesi caratterizzati da aridità.
Possibili errori	Scelta errata del periodo di intervento Scelta errata della miscela di sementi Scelta errata della stazione a quote troppo basse o troppo soleggiate Semina fuori stagione Sementi scadute, qualità e numero di specie non corrispondenti alla certificazione Quantità in grammi non sufficiente Non usare sementi di provenienza autoctona, ma di provenienza esotica

scheda 2: Semina a paglia e bitume

foto 1:
(F. Florineth)



Semina a paglia e bitume

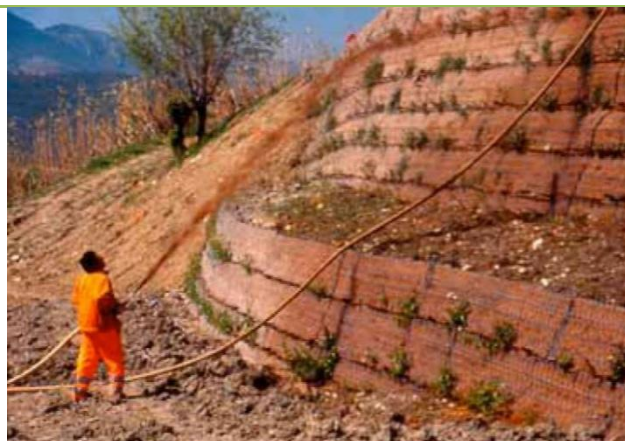
scheda 3: Idrosemina

Descrizione sintetica	Rivestimento di superfici mediante lo spargimento con mezzo meccanico di una miscela di sementi e acqua. Lo spargimento avviene mediante l'impiego di un'idrosemiatrice dotata di botte, nella quale vengono miscelati sementi, collanti, concimi, ammendanti e acqua. La miscela così composta viene sparsa sulla superficie mediante pompe con pressione adeguata al fine di non danneggiare le sementi stesse.
Campi di applicazione	Superfici caratterizzate da assenza o comunque scarsità di humus, superfici acclivi, aree di notevole sviluppo superficiale.
Materiali impiegati	Sementi con certificazione di origine (30-60 gr/m ²) Acqua Concimi Ammendanti Collanti Paglia, fieno o cellulosa
Modalità di esecuzione	Ripulitura della superficie da idroseminare con allontanamento di sassi, radici Spargimento della miscela a strati dello spessore da 0,5 a 2 cm
Prescrizioni	La percentuale dei componenti da impiegare per la preparazione della miscela varia da caso a caso. E' necessario pertanto effettuare un'analisi stazionale che consenta altresì di valutare la miscela dei materiali e lo spessore che è necessario spruzzare per ottenere un'adeguata copertura. Per evitare la sedimentazione gravitativa delle sementi è necessario mantenere mescolata la miscela nell'autobotte. E' da limitare l'uso di specie erbacee a rapido accrescimento ed effetto immediato, in quanto potrebbero esercitare una forte concorrenza nei confronti di quelle con ciclo vegetativo più lento.
Limiti di applicabilità	Non conveniente per piccole superfici o in aree difficilmente raggiungibili dal mezzo meccanico.
Vantaggi	Rapido e facile rinverdimento di superfici. Consente il rinverdimento di superfici ripide o scarsamente accessibili, anche con scarso terreno vegetale.
Svantaggi	Azione antierosiva della superficie limitata a una profondità sino a 30 cm.
Effetto	Effetto antierosivo attraverso il reticolo radicale approfondito nel terreno (10 - 30 cm) Copertura a verde dell'intera superficie ottenibile in tempo breve. La presenza dei collanti garantisce la protezione delle sementi durante la prima fase della germinazione. Viene instaurato nel breve periodo un ambiente idoneo per la microfauna.
Periodo di intervento	Periodo vegetativo, da marzo a ottobre, con esclusione dei periodi di siccità estiva.
Possibili errori	Semina fuori stagione Sementi scadute, qualità e numero di specie non corrispondenti alla certificazione Quantità in grammi non sufficiente Utilizzo di pompe o ugelli che danneggiano i semi

Foto:
T. Cladani



Idrosemina su terra rinforzata



Idrosemina su terra rinforzata Atina (FR)

scheda 4: Semina a strato con terriccio


Descrizione sintetica	Spargimento su superfici di una miscela composta da terriccio, ammendanti, collanti e sementi. L'operazione viene effettuata in più fasi, fino al raggiungimento di uno spessore idoneo.
Campi di applicazione	Substrati privi di humus, strutture in terra rinforzata, rivestimenti vegetativi.
Materiali impiegati	Terriccio in composizione variabile a seconda della stazione in cui si opera Collanti, ammendanti Concimi e fertilizzanti Miscela di sementi
Modalità di esecuzione	Preparazione della miscela in loco (il terriccio è di composizione artificiale, costituito da materiali di origine vulcanica, bentonite, magnesite, ecc in percentuali variabili a seconda delle caratteristiche del sito) Spargimento del composto mediante idonea macchina a pressione
Prescrizioni	La preparazione e miscelazione del composto da spruzzare deve avvenire in loco per evitare fenomeni di stratificazione gravitativa delle sementi La composizione del terriccio deve essere valutata in base alle indagini litologiche, geomorfologiche e pedologiche La scelta delle sementi deve avvenire in seguito ad analisi stazionale floristica e vegetazionale
Limiti di applicabilità	Dal punto di vista tecnico (inclinazione del substrato) non ci sono limiti. Rimane il limite di durata nel tempo di coti ci erbosi su superfici troppo verticali
Vantaggi	Consente la copertura anche di pareti subverticali e prive di copertura organica.
Svantaggi	Costo elevato, deperimento nel tempo se la superficie non è sufficientemente scabra o troppo pendente.
Effetto	Copertura immediata delle superfici
Periodo di intervento	Per un miglior risultato la semina deve avvenire durante la primavera o l'autunno, con esclusione dei mesi estivi.
Possibili errori	Scelta errata di composizione del terriccio Scelta errata delle sementi Quantità in grammi non sufficiente Non usare sementi di provenienza autoctona, ma di provenienza esotica

foto
S.Sciolis




Semina a strato con terriccio Cavazzo (UD), 2003

scheda 5: Semina con fiorume

Descrizione sintetica	Spargimento manuale di miscuglio naturale di sementi e relativi steli derivato da fiorume ossia fienagione, su superfici destinate alla rivegetazione in accordo con le condizioni stazionali sia pedoclimatiche che biologiche. Laddove ve ne sia la necessità, la semina è abbinata allo spargimento di concimanti organici e/o inorganici.
Campi di applicazione	Superfici piane o con pendenze inferiori a 30°. Rinverdimenti per evitare erosione da ruscellamento ed eolica e limitare l'essiccamento in aree di pregio o soggette a tutela particolare.
Materiali impiegati	Miscuglio naturale di sementi e relativi steli derivato da fienagione in quantità variabili a seconda del contesto ambientale (ovvero delle caratteristiche geolitologiche, pedologiche, microclimatiche, floristiche e vegetazionali della stazione) in genere tra i 0,5-2,0 kg/m ² includendo anche la fienagione di raccolta. Concimanti organici e/o inorganici
Modalità di esecuzione	Preparazione del terreno mediante allontanamento del materiale più grossolano Spargimento manuale a spaglio del fiorume. Eventuale spargimento manuale o con mezzo meccanico di sostanze concimanti e ammendanti in quantità tale da garantire nutrimento alle sementi nella prima fase di crescita Manutenzione mediante sfalcio per evitare che le specie erbacee a rapido accrescimento soffochino le specie arboree e arbustive eventualmente messe a dimora Una semina a strisce può essere impiegata nel caso di quantità di sementi insufficienti: in tal caso non si ha nel primo anno una copertura completa, tuttavia la presenza di spazi liberi da vegetazione erbacea può favorire l'accrescimento delle eventuali specie legnose
Prescrizioni	-
Limiti di applicabilità	Pendenze eccessive Stazioni sottoposte a forte rischio di ruscellamento Substrati troppo poveri che richiedono apporto di nutrienti, concimanti, ecc.
Vantaggi	Impiego di specie autoctone non reperibili in commercio, ottimale per interventi in aree di pregio o soggette a tutela particolare Copertura rapida, di facile realizzazione, basso costo.
Svantaggi	Reperimento solo laddove vi siano prati falciabili nelle vicinanze del cantiere Reperimento in quantità modica Limitato effetto in profondità. La crescita rapida delle specie vegetali può compromettere lo sviluppo di eventuali specie arboree e arbustive, qualora la base delle stesse non sia protetta da dischi pacciamanti. Non esercita una immediata azione di difesa.
Effetto	Effetto anti erosivo superficiale attraverso il reticolo radicale approfondito nel terreno (10 -30 cm per le leguminose).
Periodo di intervento	Quello relativo alle semine, da marzo a ottobre (nel Lazio), con esclusione dei periodi di siccità estiva e di gelo invernale.
Possibili errori	Semina fuori stagione Quantità in grammi non sufficiente Raccolta in una sola epoca di maturazione
Foto: L.Raggi	

scheda 6: Semina di piante legnose	
Descrizione sintetica	Spargimento di semi di specie legnose in genere arbustive. La semente costituita da semi grossi, come le ghiande o le nocciole, deve essere eventualmente sparsa in distinte fasi lavorative, possibilmente a mano, separatamente o in aggiunta ai miscugli di semi di piante erbacee. Dovranno essere impiegate specie autoctone di provenienza locale raccolte dal selvatico, corredate da certificazione di origine.
Campi di applicazione	Su stazioni estreme date da pendii sassosi, rocciosi e dirupati.
Materiali impiegati	Semi di latifoglie, conifere e arbusti. Le quantità di semente dipendono dalla grandezza del seme e dalla percentuale di germinazione. Semi piccoli possono essere mescolati con sabbia o segatura, al fine di contenere il consumo entro i limiti. Prima della semina su terreni grezzi, i semi dovrebbero venire inoculati con i loro specifici simbionti radicali. Dovranno essere impiegate specie autoctone di provenienza locale raccolte dal selvatico, corredate da certificazione di origine. Date le notevoli difficoltà di germinazione, specialmente nei climi aridi, vanno impiegate quantità notevoli di semi (sino a 700 pz./m ²).
Modalità di esecuzione	Si hanno diversi metodi a disposizione: Semina a spaglio: i semi vengono sparsi a mano o a macchina in modo da coprire la superficie. Tale semina si presta particolarmente per semi piccoli e/o leggeri. Idrosemia: il miscuglio di semi (piante legnose, graminacee e altre piante erbacee) viene spruzzato assieme al concime, alle sostanze additive e all'agglomerante emulsionato in acqua in un'unica fase di lavoro. Semina a buche: con un a vanga vengono preparate buche di 10 cm di diametro e profondità. Nelle buche vengono posti da 1 a 5 semi grandi, o una presa di semi piccoli e ricoperte da 1- 2 cm di terra. Semina a piazzole: la semina avviene su aree grandi da diversi dm ² fino a un m ² . Semina a righe: i semi vengono sparsi nelle righe tracciate a mano o a macchina e ricoperti con terra.
Prescrizioni	-
Limiti di applicabilità	Pendenze eccessive Stazioni sottoposte a forte rischio di ruscellamento Substrati troppo poveri che richiedono apporto di nutrienti, fibra organica, concimanti, ecc.
Vantaggi	Metodo semplice e conveniente. Buona selezione dovuta ad un più elevato numero di individui e di specie rispetto alle piantagioni.
Svantaggi	Difficile approvvigionamento di semente garantita, conforme alla stazione.
Effetto	A difesa della vegetazione già creata, una semina di piante legnose può svilupparsi in maniera analoga, quasi come succede con la rinnovazione naturale in bosco. La varietà di piante legnose risulta aumentata e così anche la varietà di future strutture vegetazionali.
Periodo di intervento	Quello relativo alle semine, da marzo a ottobre (nel Lazio), con esclusione dei periodi di siccità estiva e di gelo invernale.
Possibili errori	Semina fuori stagione Sementi scadute, qualità e numero di specie non corrispondenti alla certificazione Quantità in grammi non sufficiente

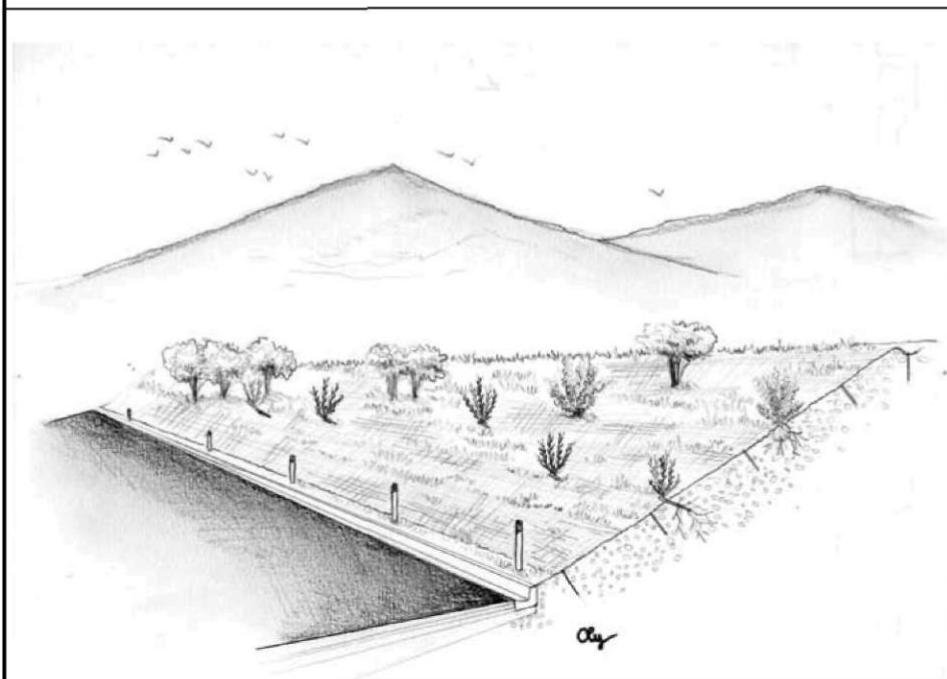
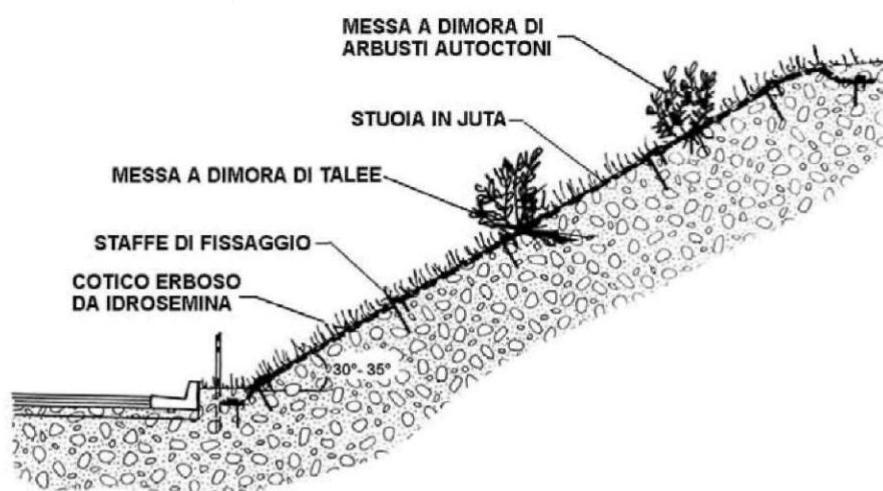
scheda 7: Biotessile in juta (geojuta)

Descrizione sintetica	Materiale impiegato negli interventi antierosivi di rivestimento di scarpate soggette a erosione eolica e meteorica. La stuoia viene stesa e fissata al substrato mediante picchetti di varia forma. Viene normalmente abbinata a semina e messa a dimora di talee e/o arbusti.
Campi di applicazione	Scarpate a bassa pendenza, substrati denudati o di neoformazione anche irregolari possibilmente con substrato terroso in superficie.
Materiali impiegati	Stuoie biodegradabili in juta, maglia minima 1x1 cm, massa areica non inferiore a 400 g/m ² Staffe o picchetti in ferro acciaiolo piegati a U Ø 8 +■ 12 mm, L = 20 +■ 40 cm o in legno L = 50 +■ 70 cm o talee di L minima 50 cm Miscela di sementi (40 g/m ²) Talee e arbusti autoctoni
Modalità di esecuzione	Regolarizzazione ove possibile della scarpata mediante allontanamento di eventuali apparati radicali ed eliminazione di avvallamenti e dossi 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 terreno Semina 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: < 30° 1 picchetto per m ² , > 30° 2-3 picchetti per m ² ed è in funzione della consistenza del substrato Ricopertura dei bordi e fissaggio della stuoia al piede della scarpata Messa a dimora di talee mediante infissione e di arbusti mediante taglio a "L" della stuoia o allargamento delle maglie Eventuale semina di rinalzo, concimazione e irrigazione 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
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
Limiti di applicabilità	La stuoia in juta non è idonea all'impiego su scarpate a forte pendenza, substrati aridi e a eccessivo drenaggio, scarpate in roccia.
Vantaggi	Protezione immediata della superficie dall'erosione meteorica ed eolica, facilità di impiego, adattamento a superfici irregolari e completa degradazione della stuoia nel breve periodo. L'acqua si infila, ma non ristagna e non erode.
Svantaggi	Scarsa durata (1 o 2 anni), scarsa resistenza a sollecitazioni (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 una volta che la stuoia ha subito la completa degradazione. Il materiale terroso sottostante la stuoia viene trattenuto, impedendone così il trasporto verso valle.
Periodo di intervento	Le stuoie possono in teoria essere posizionate in qualsiasi periodo dell'anno, sono però abbinare a semine e a piantagioni, pertanto i periodi di riferimento sono quelli primaverili-autunnali. Sono da evitarsi i periodi di gelo invernale e di aridità estiva.
Possibili errori	Insufficiente picchettatura della stuoia al terreno Utilizzo di materiale deteriorato da lunga permanenza in ambiente umido Errata o insufficiente sovrapposizione dei teli contigui Scelta errata delle sementi e delle specie arbustive
Foto: G. Sauli	

scheda 7: Biotessile in juta (aeojuta)

Particolare stuoia in juta

Sezione tipo



scheda 8: Biostuoia in paglia, in cocco, in cocco e paglia

Descrizione sintetica	Materiale impiegato negli interventi antierosivi di rivestimento di scarpate soggette a erosione eolica e meteorica. La stuoia viene stesa e fissata al substrato mediante picchetti di varia forma. Viene normalmente abbinata a semina e messa a dimora di talee e/o arbusti.
Campi di applicazione	Scarpate a pendenza sino a 40° + 45° in rocce sciolte (ghiaie, argille) in genere su superfici regolarizzate.
Materiali impiegati	Stuoia biodegradabile in paglia, cocco o fibra mista paglia e cocco con massa areica minima pari a 400 g/m ² abbinata a una rete fotoossidabile biodegradabile, con maglia minima 1x1 cm (meglio 2x2 cm); oppure carta cucita con filo sintetico biodegradabile o con fibra vegetale, eventualmente preseminata Staffe o picchetti in ferro acciaiolo piegati a U Ø 8 mm, L = 20 + 40 cm o in legno L = 50 ^ 70 cm o talee di L minima 50 cm Talee e arbusti autoctoni Miscela di sementi (40 g/m ²) (anche se la stuoia è preseminata) da seminare preferibilmente mediante idrosemina
Modalità di esecuzione	Regolarizzazione della scarpata mediante allontanamento di eventuali apparati radicali e eliminazione di avvallamenti e piccoli dossi (irregolarità superficiali) 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 terreno Semina 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: < 30° 1 picchetto per m ² , > 30° 2-3 picchetti per m ² ed è in funzione della consistenza del substrato Ricopertura dei bordi e fissaggio della stuoia al piede della scarpata Messa a dimora di talee e arbusti autoctoni mediante infissione mediante taglio a croce della stuoia o allargamento delle maglie Eventuale semina di rincalzo, concimazione 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 Questa raccomandazione diventa assoluta se la stuoia è preseminata
Limiti di applicabilità	Scarpate a forte pendenza, substrati aridi e a eccessivo drenaggio e soleggiamento, scarpate in roccia, superfici di intervento molto irregolari.
Vantaggi	Tecnica di esecuzione rapida e semplice, consente il rinverdimento di superfici acclivi, con terreni a scarsa dotazione fisico-organica, sulle quali non è possibile intervenire con piantagione o altro. Protegge la scarpata dall'erosione meteorica ed eolica, migliora l'equilibrio idrico e termico al suolo, apporta sostanza organica al suolo. La durata è maggiore della stuoia in juta. La fibra di cocco in particolare dura sino a 5 - 6 anni.
Svantaggi	La stuoia, specie se di sola fibra di cocco, drena l'acqua e non si presta quindi in situazioni climatiche di forte aridità.
Effetto	Protezione immediata della superficie. Le fibre della stuoia consentono alle piante erbacee di crescere, assicurando in tal modo la protezione della superficie ed apportando fibra e sostanza organica man mano che la stuoia si degrada. Il materiale terroso sottostante la stuoia viene trattenuto, impedendone così il trasporto verso valle.
Periodo di intervento	Relativo a quello delle semine, primavera - autunno con esclusione dei periodi di siccità estiva e gelo invernale. In caso di applicazione fuori stagione la semina va comunque effettuata e ripetuta nel periodo più idoneo successivo. L'eventuale messa a dimora di talee deve avvenire nel periodo di riposo vegetativo e nel periodo primaverile-autunnale per gli arbusti radicati.
Possibili errori	Insufficiente picchettatura della stuoia al terreno (tipo di picchetto, lunghezza, quantità al m ²) Errata sovrapposizione dei teli contigui Utilizzo di materiale deteriorato da lunga permanenza in ambiente umido Scelta errata delle sementi e del periodo di semina

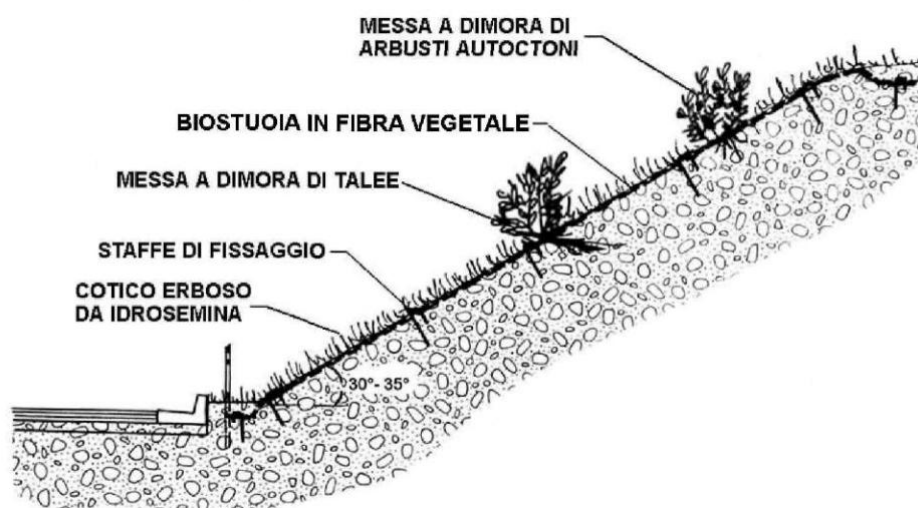
scheda 8: Biostuoia in paglia, in cocco, in cocco e paglia

Foto: G.
Sauli



Biostuoia in cocco e paglia

Sezione tipo



scheda 9: Biotessile in cocco

Descrizione sintetica	Tessuto in filo di cocco di notevole resistenza. Il materiale viene impiegato negli interventi antierosivi di rivestimento di scarpate soggette a erosione. La stuoia viene stesa e fissata al substrato mediante picchetti di varia forma. Viene normalmente abbinata a semina e messa a dimora di talee e/o arbusti.
Campi di applicazione	Scarpate a pendenza sino a 40° + 45° in rocce sciolte (ghiaie, argille). Sin dall'installazione e per i primi mesi dell'applicazione presenta notevole resistenza.
Materiali impiegati	Stuoia in filo di cocco intrecciato Staffe o picchetti in ferro acciaioso Ø 8 mm piegati a U, L = 20 + ■ 40 cm o in legno Talee Arbusti autoctoni Miscela di sementi (40 g/m)
Modalità di esecuzione	Regolarizzazione della scarpata mediante allontanamento di eventuali apparati radicali ed eliminazione di avvallamenti e piccoli dossi (irregolarità superficiali) 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 terreno Semina 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: < 30° 1 picchetto per m ² , > 30° 2-3 picchetti per m ² ed è in funzione della consistenza del substrato Ricopertura dei bordi e fissaggio della stuoia al piede della scarpata Messa a dimora di talee mediante infissione e/o arbusti mediante taglio a croce della stuoia Eventuale semina di rinalzo, concimazione e irrigazione
Prescrizioni	La stuoia di cocco è più facilmente abbinabile a talee che non alla messa a dimora di arbusti per la relativa difficoltà dell'operazione Le stuoie fino alla messa in opera devono essere conservate in ambiente idoneo, onde evitare l'umidità e l'imbibizione di acqua
Limiti di applicabilità	Scarpate a substrato litoide e con pendenza superiore ai 45°.
Vantaggi	Protezione immediata della superficie, robustezza del materiale che ne facilita l'impiego, notevole durata nel tempo (minima 5-6 anni) ma completa degradazione finale della stuoia.
Svantaggi	Maggiore rigidità rispetto alle altre biostuoie e quindi necessità di superfici più regolarizzate. La stuoia drena l'acqua e non si presta quindi in situazioni climatiche di forte aridità.
Effetto	Protezione immediata della superficie e media durata del materiale. Le maglie della stuoia consentono alle piante erbacee di svilupparsi pur garantendo la funzione meccanica antierosiva data la media durata del materiale. Il materiale terroso sottostante la stuoia viene trattenuto, impedendone così il trascinamento verso valle.
Periodo di intervento	Le stuoie 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 evitarsi i periodi di gelo invernale e aridità estiva.
Possibili errori	Insufficiente picchettatura della stuoia al terreno (tipo di picchetto, lunghezza, quantità al m2) Errata sovrapposizione dei teli contigui Utilizzo di materiale deteriorato da lunga permanenza in ambiente umido Scelta errata delle sementi e delle specie arbustive Errato periodo di semina e quindi rischio di distacco

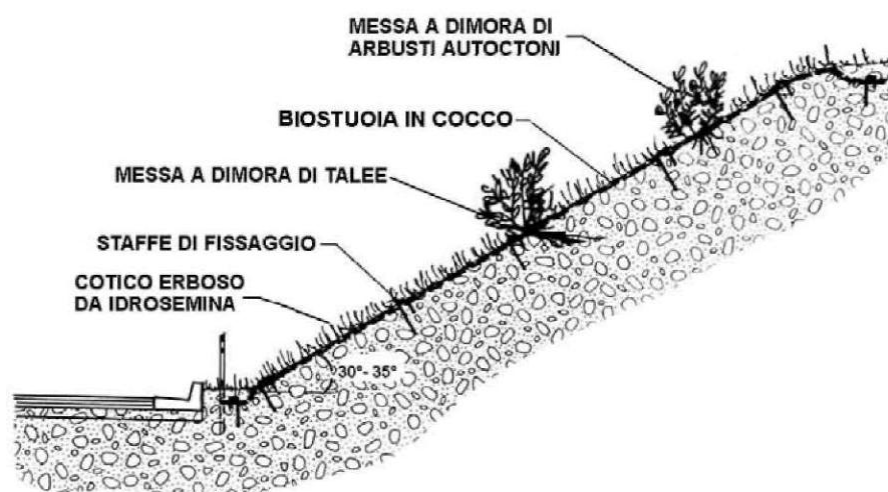
scheda 9: Biotessile in cocco

Foto: G.
Sauli



Stuoia in fibra di cocco Tresa - Canton Ticino, 2004

Sezione tipo



scheda 10: Biostuoia in trucioli di legno

Descrizione sintetica	Materiale impiegato negli interventi antiersivi di rivestimento di scarpate soggette a erosione eolica e meteorica. La stuoia viene stesa e fissata al substrato mediante picchetti di varia forma. Viene normalmente abbinata a semina e messa a dimora di talee e/o arbusti.
Campi di applicazione	Scarpate a pendenza sino a 40° + 45° in rocce sciolte (ghiaie, argille) in genere su superfici anche irregolari in zone montane con tenore di umidità molto alto.
Materiali impiegati	Stuoia biodegradabile in trucioli lunghi di legno (almeno l'80 % dovrà avere lunghezza non inferiore a 15 cm) e arricciati, di massa areica minima pari a 500 g/m Staffe o picchetti in ferro acciaioso piegati a U \varnothing 8 mm, L = 20 + ■ 40 cm o in legno L = 50 ^ 70 cm o talee di L minima 50 cm Talee e arbusti autoctoni Miscela di sementi (40 g/m ²)
Modalità di esecuzione	Regolarizzazione della scarpata mediante allontanamento di eventuali apparati radicali e eliminazione di avvallamenti e piccoli dossi (irregolarità superficiali) 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 terreno Semina 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: < 30° 1 picchetto per m ² , > 30° 2-3 picchetti per m ² ed è in funzione della consistenza del substrato Ricopertura dei bordi e fissaggio della stuoia al piede della scarpata Messa a dimora di talee e arbusti autoctoni mediante infissione mediante taglio a croce della stuoia o allargamento delle maglie Eventuale semina di ricalzo, concimazione 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.
Limiti di applicabilità	Scarpate a forte pendenza, substrati aridi e a eccessivo drenaggio e soleggiamento, scarpate in roccia, superfici di intervento molto irregolari.
Vantaggi	Tecnica di esecuzione rapida e semplice, consente il rinverdimento di superfici acclivi, con terreni a scarsa dotazione fisico-organica, sulle quali non è possibile intervenire con piantagione o altro. Protegge la scarpata dall'erosione meteorica ed eolica, migliora l'equilibrio idrico e termico al suolo, apporta sostanza organica al suolo. La durata è maggiore degli altri tipi di stuoia; la fibra di legno per degradarsi richiede un tenore di umidità medio alto ed è quindi adatta su versanti montani.
Svantaggi	La stuoia drena l'acqua e non si presta quindi in situazioni climatiche di forte aridità.
Effetto	Protezione immediata della superficie. Le fibre della stuoia consentono alle piante erbacee di crescere, assicurando in tal modo la protezione della superficie ed apportando fibra e sostanza organica man mano che la stuoia si degrada. Il materiale terroso sottostante la stuoia viene trattenuto, impedendone così il trasporto verso valle.
Periodo di intervento	Relativo a quello delle semine, primavera - autunno con esclusione dei periodi di siccità estiva e gelo invernale. In caso di applicazione fuori stagione la semina va comunque effettuata e ripetuta nel periodo più idoneo successivo. L'eventuale messa a dimora di talee deve avvenire nel periodo di riposo vegetativo e nel periodo primaverile-autunnale per gli arbusti radicati.
Possibili errori	Insufficiente picchettatura della stuoia al terreno (tipo di picchetto, lunghezza, quantità al m ²) Errata sovrapposizione dei teli contigui Utilizzo di materiale deteriorato da lunga permanenza in ambiente umido Scelta errata delle sementi e del periodo di semina

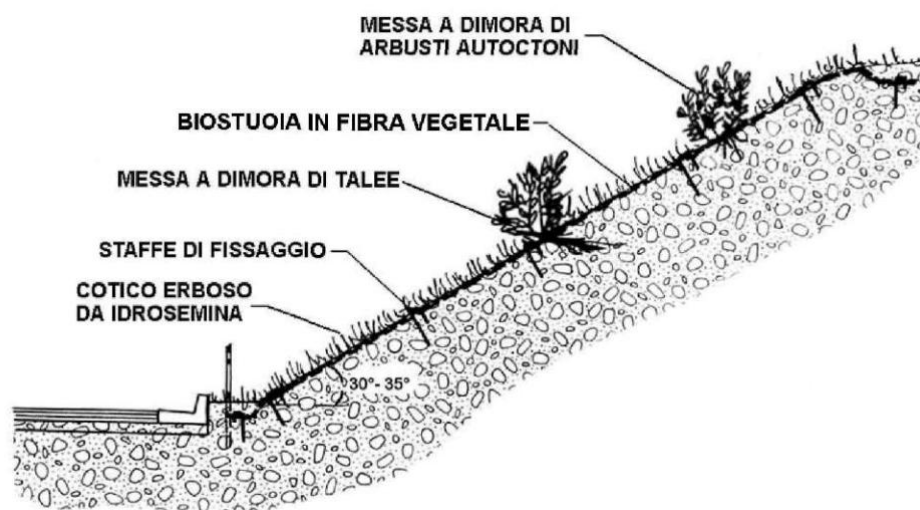
scheda 10: Biostuoia in trucioli di legno

Foto: G.
Sauli



Biostuoia in trucioli di legno dopo due anni, Barcis (PN)

Sezione tipo



scheda 11: Geostuoia tridimensionale sintetica

Descrizione sintetica	<p>Rivestimento di scarpate soggette a erosione superficiale con stuoia tridimensionale costituita da filamenti sintetici aggrovigliati in modo da trattenere le particelle di materiale inerte terroso.</p> <p>La stuoia viene assicurata al terreno mediante l'infissione di picchetti e interrata in solchi appositamente approntati sia a monte che a valle del versante.</p> <p>La stuoia deve essere abbinata ad un intasamento con materiale inerte terroso e ad una semina o idrosemina. Possono essere messe a dimora anche talee ed arbusti autoctoni.</p>
Campi di applicazione	<p>Rivestimento di scarpate molto regolari, prive di asperità e con scarsità di terreno vegetale. Zone a contatto costante con acqua.</p>
Materiali impiegati	<p>Geostuoia sintetica tridimensionale in fili aggrovigliati di nylon, polipropilene, polietilene e polietilene ad alta densità di spessore da 9 mm a 25 mm (EN 965), annerita al nero fumo per attenuare l'aggressione da parte dei raggi UV</p> <p>Picchetti in ferro o staffe metalliche ad U Ø min. 6 mm</p> <p>Inerte terroso fine</p> <p>Sementi (40 g/m²)</p> <p>Arbusti o talee</p>
Modalità di esecuzione	<p>Regolarizzazione della scarpata mediante allontanamento di eventuali apparati radicali e eliminazione di avvallamenti e piccoli dossi (irregolarità superficiali).</p> <p>Formazione di un solco di almeno 30 cm di profondità a monte della scarpata</p> <p>Posizionamento di un'estremità della geostuoia all'interno del solco, fissaggio con staffe e copertura del solco con terreno.</p> <p>Stesura della geostuoia lungo la scarpata e sovrapposizione dei teli contigui di almeno 10 cm, assicurandosi che la stessa sia a contatto con il terreno sottostante, senza essere troppo tesa.</p> <p>Fissaggio della stuoia con staffe o picchetti a U lungo le sovrapposizioni dei vari teli utilizzati e al centro della stessa. La densità dei picchetti aumenta all'aumentare della pendenza della sponda o scarpata: < 30° 1 picchetto per m², > 30° 2-3 picchetti per m² ed è in funzione della consistenza del substrato</p> <p>Ricopertura dei bordi e fissaggio della stuoia al piede della scarpata</p> <p>Semina</p> <p>Intasamento con inerte terroso</p> <p>Eventuale messa a dimora di talee mediante infissione e di arbusti mediante taglio della stuoia</p> <p>Eventuale semina di rinalzo, concimazione e irrigazione</p>
Prescrizioni	<p>Geostuoie adiacenti devono essere sormontate lateralmente per almeno 10 cm L'operazione di intasamento della stuoia con inerte terroso a granulometria fine, va fatta con cura, infatti l'inerte va steso sulla stuoia con spazzoloni, in modo da intasare la stuoia stessa, senza seppellirla</p> <p>La stuoia lavora in abbinamento col cotico erboso ed è quindi necessario effettuare la posa nel periodo adatto alle semine. In caso di mancato o parziale attecchimento la semina va ripetuta</p>
Limiti di applicabilità	<p>Scarpate a substrato irregolare e con pendenza superiore ai 45°.</p>
Vantaggi	<p>Di rapida esecuzione; immediato e duraturo effetto antierosivo superficiale.</p>
Svantaggi	<p>Maggiore rigidità rispetto ad altre stuoie e quindi necessità di superfici più regolarizzate; permanenza del materiale sintetico sul terreno; visibilità antiestetica della stuoia in caso di mancato sviluppo del cotico erboso; aggredibilità da parte dei raggi UV e dall'effetto gelo-disgelo, in particolare per le plastiche più scadenti e quindi scarsa durata nel tempo.</p>
Effetto	<p>Protezione immediata e permanente della superficie. Il rapporto pieno-vuoto della stuoia consente alle piante erbacee di svilupparsi completando la funzione meccanica antierosiva della stuoia.</p> <p>Il materiale terroso sottostante la stuoia viene trattenuto, impedendone così il trascinarsi verso valle.</p>
Periodo di intervento	<p>Le stuoie possono essere posizionate in qualsiasi periodo dell'anno.</p> <p>Qualora vi siano abbinate semine e piantagioni i periodi di riferimento sono quelli primaverili-autunnali. Sono da evitarsi i periodi di gelo invernale e aridità estiva.</p>
Possibili errori	<p>Mancato intasamento con inerte terroso. Insufficiente picchettatura. Inefficienti sormonti e fissaggi in testa o al piede. Scelta errata delle sementi e delle specie arbustive. Semine in periodo sbagliato e quindi rischio di distacchi</p>

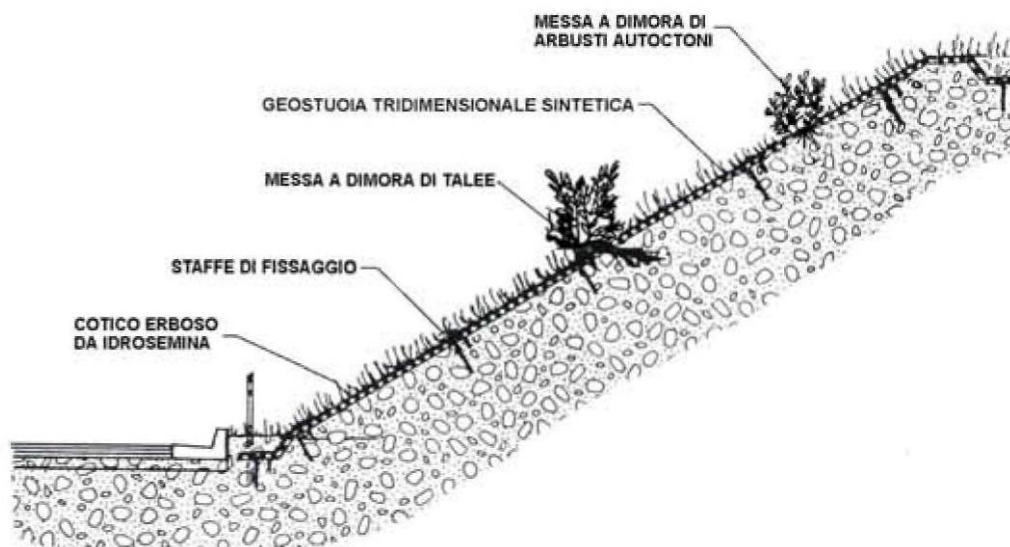
scheda 11: Geostuoia tridimensionale sintetica

Foto
P. Cornolini



Stesura geostuoia tridimensionale sintetica Linea direttissima RM-FI, Valdarno 1991

Sezione tipo



scheda 12: Geocelle a nido d'ape in materiale sintetico

Descrizione sintetica	Rivestimento di versanti in terra mediante struttura sintetica tridimensionale a forma di celle esagonali, che nel complesso rappresentano una struttura a "nido d'ape". Le celle vengono completamente riempite con terreno vegetale e successivamente viene eseguita una semina ed eventualmente messi a dimora arbusti autoctoni e talee.
Campi di applicazione	Versanti ripidi, con scarso terreno vegetale e limitato spazio a disposizione.
Materiali impiegati	Geocelle in non tessuto poliestere o in polietilene estruso Picchetti di ferro acciaioso sagomati ad U di lunghezza 40-50 cm Terreno vegetale Semina Arbusti autoctoni in zolla o talee prelevate dal selvatico
Modalità di esecuzione	Regolarizzazione della superficie e allontanamento di apparati radicali, pietrame, ecc. Formazione di uno scavo a monte del versante. Fissaggio delle strisce all'interno del solco con picchetti sagomati a U. Stesura delle strisce di geocelle lungo il versante e loro apertura a fisarmonica. Fissaggio delle celle lungo il versante con picchetti sagomati a U (dovranno risultare celle di forma esagonale). Riempimento con terreno vegetale. Semina a spaglio o idrosemina Messa a dimora di specie arbustive autoctone in zolla o per talea con prelievo in loco dal selvatico.
Prescrizioni	La quantità minima di picchetti deve essere di 1 ogni 2 celle Ulteriori ancoraggi saranno effettuati lungo il versante in ragione di almeno due ancoraggi/m
Limiti di applicabilità	Pendenza della scarpata superiore a 40°
Vantaggi	Struttura elastica, che si adatta al terreno. E' un rivestimento di tipo elastico.
Svantaggi	Limitata altezza costruttiva.
Effetto	Contenimento e rinforzo del terreno superficiale.
Periodo di intervento	Le geocelle 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 evitarsi i periodi di gelo invernale e aridità estiva.
Possibili errori	Insufficiente picchettatura

Foto:
G. Sauli



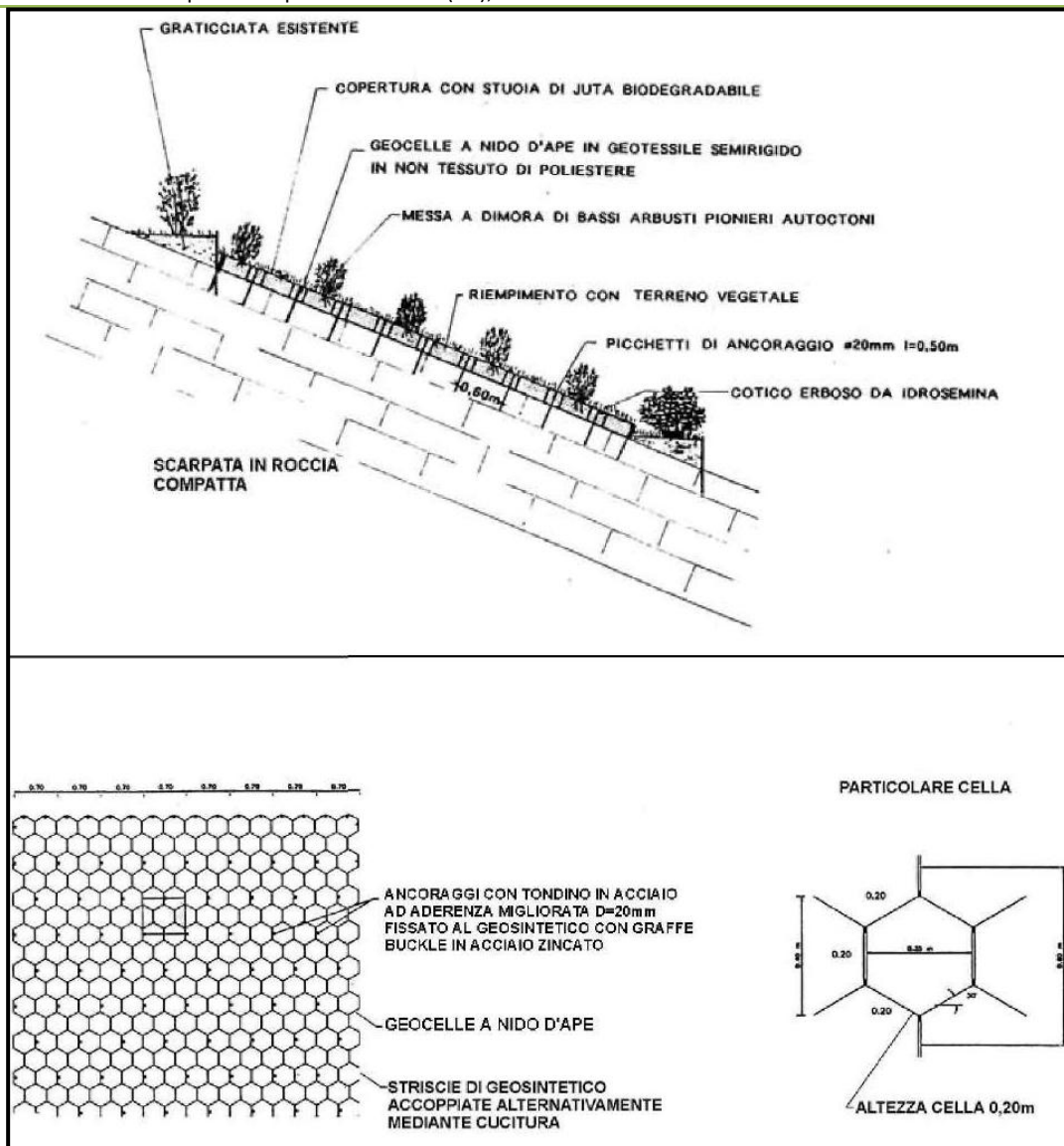
Stesura geocelle a nido d'ape

scheda 12: Geocelle a nido d'ape in materiale sintetico

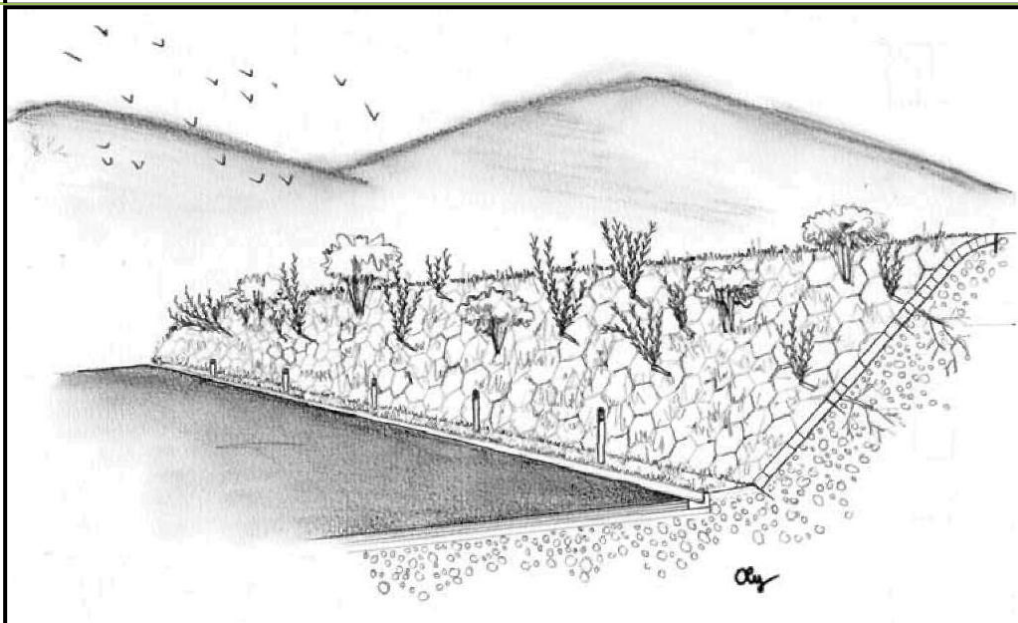
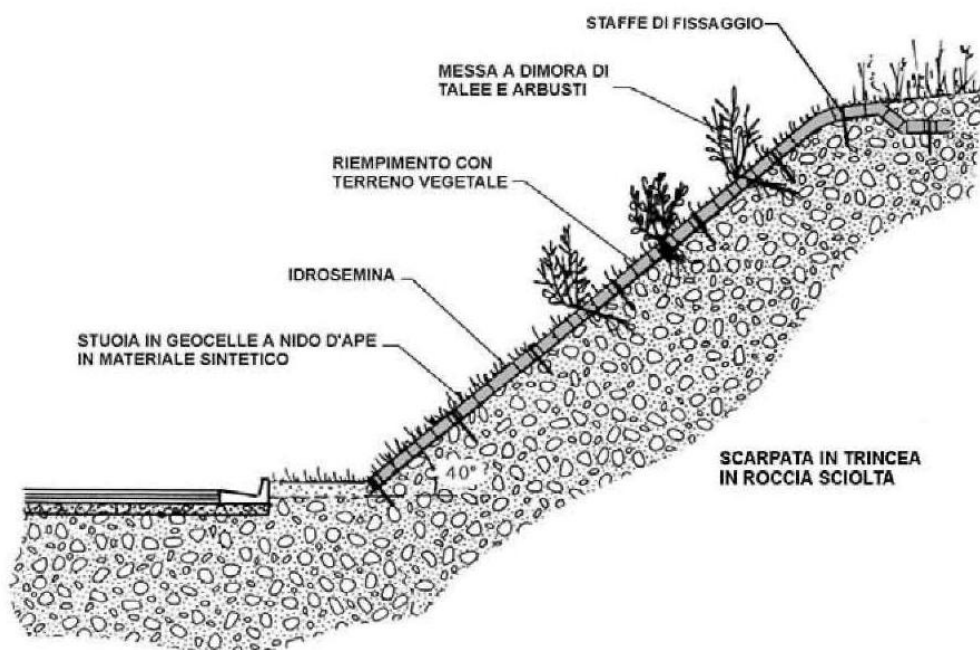


Geocelle a nido d'ape Strada per Flumendosa (CA), 2003 -

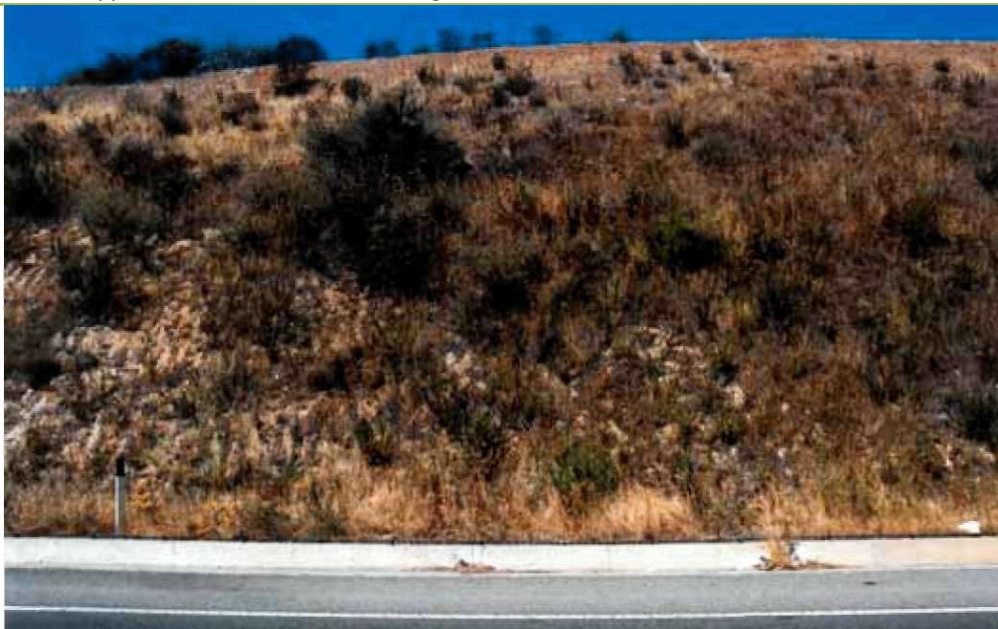
Sezione tipo



scheda 12: Geocelle a nido d'ape in materiale sintetico

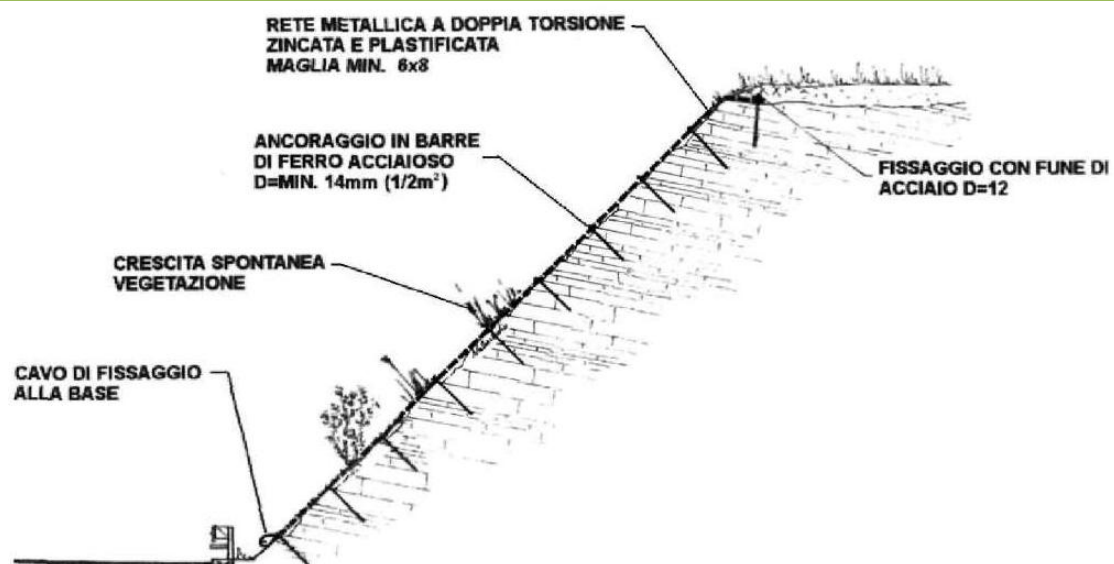


scheda 13: Rete metallica a doppia torsione

Descrizione sintetica	Rivestimento di scarpate in roccia soggette a erosione, con distacco di materiale lapideo di varie dimensioni mediante stesura di rete metallica zincata e/o plastificata, adeguatamente ancorata al substrato con tondini di ferro ad aderenza migliorata. Gli ancoraggi possono essere collegati da funi in acciaio per aumentare l'efficacia dell'intervento e contrastare le sollecitazioni a cui è sottoposta la rete per il distacco di materiale roccioso.
Campi di applicazione	Scarpate formate da ammassi rocciosi particolarmente instabili soggetti ad alterazione
Materiali impiegati	Rete metallica a doppia torsione Chiodi in tondino di ferro acciaioso, ad aderenza migliorata di diametro minimo 24 mm, aventi lunghezza infissa non inferiore a 40 cm e con l'estremità libera sagomata ad "U" o barre filettate con flangia e dado Boiacatura con miscela acqua e cemento Funi d'acciaio Idrosemina a spessore o semina a strato
Modalità di esecuzione	Regolarizzazione della superficie con allontanamento del materiale più instabile. Stesura della rete lungo la scarpata. Fissaggio della rete in testa mediante chiodi e corda d'acciaio. Fissaggio della rete lungo la scarpata mediante chiodi in ferro eventualmente assicurati al substrato con malta cementizia. Sovrapposizione dei teli contigui e loro unione con filo di ferro. Eventuale collegamento dei punti di ancoraggio con una fune in acciaio. Eventuale fissaggio della parte di rete al piede della scarpata. Idrosemina a spessore.
Prescrizioni	La rete deve essere ben adattata alle irregolarità della superficie La quantità di ancoraggi varia a seconda del substrato, e non deve comunque essere inferiore a 1 ancoraggio/m ² È necessaria una periodica pulitura della parte bassa della rete, dove si ha l'accumulo del materiale sciolto Il dimensionamento delle maglie della rete deve essere valutato in rapporto alle dimensioni del materiale che si vuole intercettare
Limiti di applicabilità	Distacco di massi troppo grossi o di quantità eccessive di roccia anche sciolta.
Vantaggi	Fuzionalità immediata. Vengono intercettati e trattenuti i sassi che si staccano dal pendio.
Svantaggi	Presenza permanente della rete metallica con pericolo per gli animali su scarpate a bassa pendenza.
Effetto	Protezione immediata della superficie rocciosa.
Periodo di intervento	Le reti possono essere posizionate in qualsiasi periodo dell'anno. Qualora vi siano abbinate le semine i periodi di riferimento sono quelli primaverili-autunnali. Sono da evitarsi i periodi di gelo invernale e aridità estiva.
Possibili errori	Insufficiente ancoraggio della rete alla superficie rocciosa Non sovrapposizione e cucitura dei teli contigui
Foto: G. Sauli	

scheda 13: Rete metallica a doppia torsione

Sezione tipo



6. Interventi stabilizzanti

L'abbinamento di materiali vivi (talee, piantine radicate) e inerti di legname, o altro materiale (terre, rocce, calcestruzzo, metallo, sintetici ecc.) consente di stabilizzare e consolidare pendii e scarpate instabili, interessati da fenomeni franosi di tipo prevalentemente superficiale. Infatti questa soluzione permette di realizzare strutture di rinforzo del terreno entro cui impiantare talee o piantine radicate. I materiali vivi hanno una funzione non solo ecologica (di rinaturalizzazione), ma anche tecnica: le piante impediscono l'erosione superficiale, intercettando e rallentando il deflusso delle acque meteoriche, e rinforzano con lo sviluppo del loro apparato radicale il terreno, esercitando al tempo stesso un efficace azione di prosciugamento.

Gli interventi di stabilizzazione superficiale possono essere puntiformi o disposti linearmente.

La realizzazione di opere di consolidamento superficiale che utilizzano materiali vegetali vivi in legname o altro materiale (piantumazioni, viminata o graticciata, gradonate) hanno un impatto ambientale molto ridotto. Infatti la loro costruzione non necessita di movimento terra significativi in grado di arrecare danni alla vegetazione o all'ecosistema. La struttura garantisce un rapido effetto di consolidamento delle scarpate in dissesto. Se infatti il legno può marcire in tempi relativamente brevi, il radicamento e la crescita delle talee e delle piantine assicurano, nella fase successiva, la stabilità dei versanti.

Questi sistemi rappresentano una delle soluzioni più indicate nelle zone di particolare pregio ambientale, nelle quali occorre garantire, oltre che l'efficacia tecnico-funzionale dell'intervento anche gli aspetti ecologici, estetico paesaggistici e naturalistici, ad esso connessi.

Gli interventi stabilizzanti consentono un ottimo recupero naturale delle aree degradate, favorendo il consolidamento dei pendii e lo sviluppo successivo della copertura vegetale e il ripristino degli ecosistemi naturali danneggiati.

Tra le opere per il consolidamento superficiale di seguito sono descritte le tipologie che più comunemente trovano applicazione nell'ambito degli interventi stabilizzanti dei versanti, quali:

- ♣ Piantagioni
- ♣ Vimate vive
- ♣ Gradonate vive

6.1.1 Piantagioni

La tecnica d'impianto mediante la messa a dimora di piantine arboree ed arbustive e/o il trapianto di rizomi o cespi selvatici, avviene di solito in zone dove le caratteristiche di pendenza ed il terreno lo consentono, e dove si richiede un rapido sviluppo della copertura vegetale. Questa tecnica di stabilizzazione dei versanti sfrutta la capacità degli apparati radicali delle piante di legare e consolidare le particelle di terreno sciolto e le capacità di regimazione idrologica derivanti dalla intercettazione delle acque meteoriche e dal prosciugamento dell'acqua superficiale

Le piantumazioni sono particolarmente indicate nelle zone collinari e montane o su terreni aridi, quando si vuole ottenere in tempi brevi un'efficace copertura vegetale per il consolidamento e la protezione dall'erosione superficiale di pendii e scarpate o il rinverdimento e consolidamento di opere strutturali.

6.1.2 Vimate vive

La viminata viva ha la funzione di consolidamento superficiale per mezzo delle piante ed un immediato effetto di regimazione delle acque meteoriche. Questo sistema comporta una tecnica mista tra materiali

vivi (astoni e talee) e materiali morti. Un tempo largamente impiegate per il consolidamento di piccole frane, oggi le viminate sono sostituite da sistemi stabilizzanti più efficaci e meno costosi.

Le viminate e le palizzate sono impiegate in generale, negli interventi di sistemazione e consolidamento dei pendii in materiali sciolti, interessati da frane di tipo superficiali e da fenomeni erosivi. Inoltre è applicato con successo anche per la sistemazione ed il consolidamento di alte scarpate artificiali (ad esempio rilevati stradali o argini).

6.1.3 Gradonate vive

La tecnica delle gradonate vive con talee e/o con piantine è un sistema impiegato con successo negli interventi di stabilizzazione di pendii e scarpate, naturali o artificiali, in materiali sciolti.

La realizzazione di gradonate permette di rinverdire le scarpate attraverso la formazione di piccoli gradoni lineari, che corrono lungo le curve di livello del pendio, in cui si interrano dei fitti "pettini" di talee e/o di piantine radicate. Lo sviluppo dell'apparato radicale garantisce il consolidamento del terreno, mentre la parte aerea contribuisce a contenere l'erosione superficiale.

Questo sistema è generalmente utilizzato negli interventi di sistemazione e difesa dalle frane e dall'erosione dei versanti instabili in materiali sciolti. Esso si applica con successo anche per la sistemazione ed il consolidamento di scarpate artificiali (ad esempio rilevati stradali o argini).

6.2 Schede tecniche

- 14 *Messa a dimora di talee*
- 15 *Piantagione di arbusti*
- 16 *Piantagione di alberi*
- 17 *Viminata viva*
- 18 *Gradonata viva*
- 19 *Cordonata orizzontale esterna viva con piloti*

scheda 14: Messa a dimora di talee

Descrizione sintetica	Infissione di talee legnose e/o ramaglie di specie vegetali con capacità di propagazione vegetativa nel terreno o nelle fessure tra massi, inserimento in palificate vive, gabbioni e terre rinforzate. E' classico l'impiego dei salici, ma anche di altre specie quali il ligustro e le tamerici, specie quest'ultima resistente a condizioni alterne di forte aridità e presenza di sali nel terreno. Da non confondere con barbatelle e getti radicati che non consentono la lavorabilità della talea legnosa.
Campi di applicazione	Scarpate a pendenza limitata; interstizi e fessure di scogliere, muri, gabbionate, terre rinforzate; come picchetti vivi nella posa di reti, stuoie, fascinate, viminate. Vasta applicabilità con esclusione di substrati litoidi e particolarmente xerici.
Materiali impiegati	Getti non ramificati, di 2 o più anni, $\varnothing 2 \text{ - } 5 \text{ cm}$, $L = 0,50 \text{ - } 0,80 \text{ m}$, di piante legnose in genere arbustive con capacità di propagazione vegetativa (salici) da infiggere nel terreno Ramaglie vive di $L 1 \text{ - } 5 \text{ m}$ e $\varnothing 1\text{-}5 \text{ cm}$ da inserire in fase di costruzione in strutture quali: palificate vive, scogliere, gabbionate, terre rinforzate Talee e ramaglie vive per la realizzazione di gradonate, cordonate, fascinate, viminate ecc. Per le tamerici vengono usate di preferenza le ramaglie in fronda mentre la talea vera e propria ha minori capacità di rigetto
Modalità di esecuzione	Infissione perpendicolare o leggermente inclinata delle talee nel terreno, mediante mazza in legno, previa eventuale formazione di un foro con una punta di ferro o previo taglio a punta della talea stessa L'infissione deve avvenire secondo il verso di crescita delle piante (parte più grossa verso il terreno). Dopo l'infissione o la messa in posto si pratica un taglio netto con cesoie da potatura. Le talee devono sporgere dal terreno in genere per non più di 10-15 cm La densità di impianto varia a seconda della necessità di stabilizzazione (2 - 10 talee per m^2). Qualora le talee vengano poste nelle fessure di muri o scogliere, le fessure dovranno essere intasate con materiale fine, non necessariamente terreno vegetale. Nel caso di inserimento in materassi, gabbionate e palificate vive l'inserimento va effettuato durante il riempimento con disposizione sparsa sulla superficie dei gabbioni stessi e le talee devono avere lunghezza tale da raggiungere il terreno naturale retrostante la struttura. Anche nelle terre rinforzate l'inserimento va effettuato durante la costruzione per consentire il massimo approfondimento (sino a 3-4 m ma almeno 1-2 m) e quindi garantire le migliori condizioni di radicazione e quindi di efficacia naturalistica e funzionale.
Prescrizioni	La densità di impianto aumenta all'aumentare della pendenza del terreno: da 2-5 talee/ m^2 a 5-10 talee/ m^2 Se le talee vengono raccolte molto tempo prima della messa a dimora, dovranno essere conservate in celle frigorifere a basse temperature (4-5°C) e 90 % di umidità o sommerse in vasche di acqua fredda. La messa a dimora va effettuata nei periodi di ripresa vegetativa con esclusione dei periodi di aridità estiva o gelo invernale.
Limiti di applicabilità	Altitudine e condizioni pedoclimatiche limite relativamente alle specie impiegate. Le varie specie di salici ad esempio coprono una vasta gamma di ambienti dal livello del mare sino ai 2000 m s.l.m. ed oltre, ma temono le condizioni di forte aridità dei climi stenomediterranei, la salinità del substrato (vicinanza al mare, terreni calcareosi), l'eccesso di ombreggiamento; le tamerici resistono meglio a tali condizioni ma non sono impiegabili a quote superiori ai 3-400 m s.l.m.
Vantaggi	Rivegetazione e stabilizzazione di superfici di neoformazione a basso prezzo, di semplice realizzazione ed approvvigionamento, con azione puntuale inizialmente ma estesa e coprente dopo lo sviluppo (6 mesi - ¹ 1-2 anni).
Svantaggi	La stabilità della scarpata e il consolidamento superficiale del terreno sono limitati sino allo sviluppo di un adeguato apparato radicale. Vanno eseguite saltuarie potature di irrobustimento e sfoltimento per evitare popolamenti monospecifici. La intrinseca difficoltà di ritornare su opere collaudate può essere efficacemente superata programmando successivi approvvigionamenti per altre opere, prelevando appunto talee mediante potatura in aree di precedenti interventi.
Effetto	Copertura delle scarpate con cespugli. Effetto di drenaggio (i salici sono delle vere e proprie "pompe dell'acqua") dovuto ad assorbimento e traspirazione del materiale vivo impiegato. Più lunghe sono le talee conficcate nel terreno, maggiore è l'effetto stabilizzante/consolidante in profondità.
Periodo di intervento	Periodo di riposo vegetativo.
Possibili errori	Talee troppo corte (lunghezza inferiore a 50-60 cm) e quindi destinate a morire per appassimento o gelo. Diametro della talea eccessivamente piccolo (molti vivaisti sono abituati ad usare talee verdi di legni del primo anno il cui attecchimento è efficace solo in condizioni controllate). Periodo troppo lungo tra raccolta e messa a dimora, esposizione prolungata al sole. In genere le talee e ramaglie vanno tagliate e messe in opera in giornata. Le talee non vengono infisse nel terreno in contropendenza rispetto alla scarpata. Le talee vengono infisse nel verso contrario a quello di crescita. La parte che rimane al di fuori del terreno si secca perché troppo lunga e quindi eccessivamente esposta agli

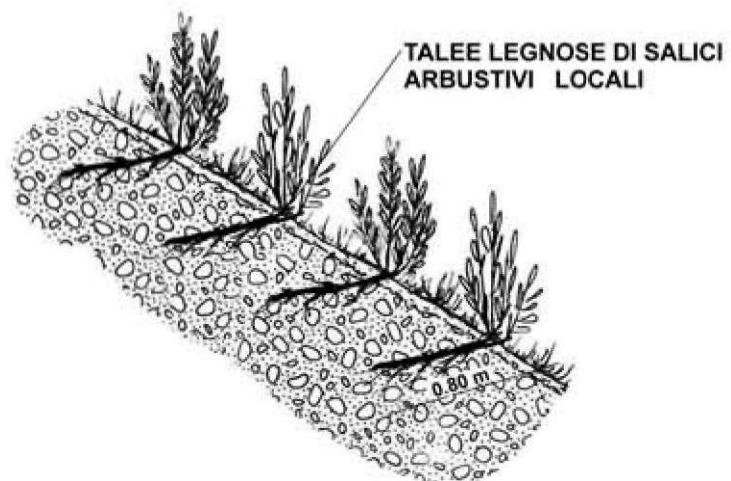
agenti atmosferici (gelo, vento, sole).

Scelta del periodo di raccolta e messa a dimora inadeguato (es. periodo di fruttificazione per i salici; periodi di aridità estiva in genere)

Foto:

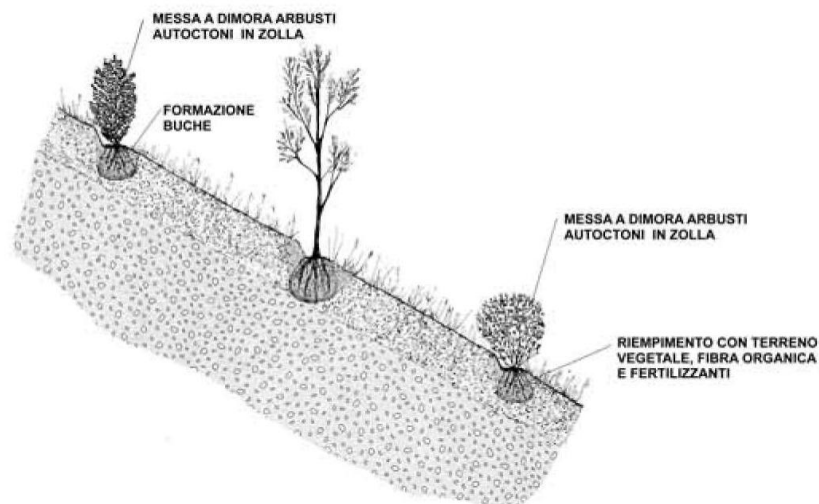


Sezione tipo



scheda 15: Piantazione di arbusti

Descrizione sintetica	Messa a dimora di giovani arbusti autoctoni in zolla o in vasetto, di produzione vivaistica. La messa a dimora avviene in buche appositamente predisposte e di dimensioni opportune ad accogliere l'intera zolla o tutto il volume radicale della pianta. La piantagione deve avvenire secondo un sesto d'impianto irregolare e con specie diverse disposte a mosaico. Per i primi anni le piante devono essere dotate di palo tutore, pacciamatura alla base per ridurre la concorrenza con le specie erbacee e cilindro in rete per protezione dalla fauna. Il trapianto a radice nuda, molto usato nell'Europa centrale ed anche nelle zone alpine italiane è poco proponibile nelle regioni centro-meridionali, Lazio incluso.
Campi di applicazione	Superfici a bassa pendenza con presenza di suolo organico. Nei terreni privi di tale sostanza è opportuno preparare delle buche nel substrato minerale e riempirle con una certa quantità di terreno vegetale, fibra organica e fertilizzanti atte a garantire l'attecchimento delle piante; in tali terreni sarà comunque da preferire la scelta di piante a comportamento pioniero degli stadi corrispondenti della serie dinamica potenziale naturale del sito. Gli arbusti sono anche da abbinare con le stuoie, rivestimenti vari, grate e palificate, terre rinforzate ecc.
Materiali impiegati	Arbusti da vivaio in zolla o contenitore; altezza compresa tra 0,30 e 0,80 m Dischi pacciamanti, o strato di corteccia di pino, al fine di limitare la concorrenza con le specie erbacee. Pali tutori Reti di protezione antifauna
Modalità di esecuzione	Allontanamento dei materiali non idonei. Formazione di buche di dimensioni prossime a quelle dell'apparato radicale o della zolla. Eventuale apporto di terreno vegetale, fibra organica, fertilizzanti ed ammendanti. Posizionamento dell'arbusto nella buca. Copertura della buca con il terreno. Rincalzo e formazione di invito per la raccolta d'acqua o per l'allontanamento della stessa a seconda delle condizioni pedo-climatiche Pacciamatura con biofeltri, dischi pacciamanti, corteccia di resinose, ecc
Prescrizioni	Se a radice nuda, l'intervento deve essere effettuato esclusivamente durante il periodo di riposo vegetativo. Le specie devono essere autoctone e provenire da materiale da propagazione locale.
Limiti di applicabilità	Assenza di terreno vegetale; eccesso di ombreggiamento; eccesso di aridità estiva.
Vantaggi	Esecuzione semplice, tecnica nota a qualsiasi impresa del verde.
Svantaggi	La stabilizzazione del terreno è limitata sino allo sviluppo di un adeguato apparato radicale e quindi tale condizione deve inizialmente essere garantita da altro materiale o tecnica. Nei primi anni necessitano di cure colturali.
Effetto	Con il tempo si forma un fitto reticolo radicale e una copertura vegetale di protezione dall'erosione. Aumenta la biodiversità, grazie anche all'instaurarsi di un ambiente idoneo ad ospitare numerose specie animali
Periodo di intervento	Piante a radice nuda: durante il periodo di riposo vegetativo. Piante in zolla o contenitore: anche durante il periodo vegetativo con esclusione dei periodi di aridità estiva e di gelo invernale.
Possibili errori	Scelta errata delle specie rispetto alle condizioni pedo-climatiche, con conseguente elevata percentuale delle fallanze Scelta errata del periodo di posa del materiale vegetale vivo. Mancate cure colturali iniziali (in genere necessita irrigazione di soccorso iniziale). Specie non autoctona o non proveniente da materiale da propagazione locale.

Sezione tipo


scheda 16: Piantazione di alberi

Descrizione sintetica	Messa a dimora di giovani alberi autoctoni in zolla o in vasetto, di produzione vivaistica. La messa a dimora avviene in buche appositamente predisposte e di dimensioni opportune ad accogliere l'intera zolla o tutto il volume radicale della pianta. La piantagione deve avvenire secondo un sesto d'impianto irregolare e con specie diverse disposte a mosaico. Per i primi anni le piante devono essere dotate di palo tutore, pacciamatura alla base per ridurre la concorrenza con le specie erbacee e cilindro in rete per protezione dalla fauna. Il trapianto a radice nuda, molto usato nell'Europa centrale ed anche nelle zone alpine italiane è poco proponibile nelle regioni centro-meridionali, Lazio incluso.
Campi di applicazione	Superfici a bassa pendenza con presenza di suolo organico. Nei terreni privi di tale sostanza è opportuno preparare delle buche nel substrato minerale e riempirle con una certa quantità di terreno vegetale, fibra organica e fertilizzanti atti a garantire l'attecchimento delle piante; in tali terreni sarà comunque da preferire la scelta di piante a comportamento pioniero degli stadi corrispondenti della serie dinamica potenziale naturale del sito. Gli alberi possono essere abbinati con le stuoie e rivestimenti vari, mentre non vanno assolutamente abbinati a grate e palificate, terre rinforzate ecc. per ovvi motivi di incompatibilità degli alberi nello stadio adulto con tali strutture.
Materiali impiegati	Alberi da vivaio in zolla o contenitore; altezza compresa tra 0,50 e 2 m Dischi pacciamanti, o strato di corteccia di pino, al fine di limitare la concorrenza con le specie erbacee Pali tutori Reti di protezione antifauna
Modalità di esecuzione	Allontanamento dei materiali non idonei. Formazione di buche di dimensioni prossime a quelle dell'apparato radicale o della zolla. Eventuale apporto di terreno vegetale, fibra organica, fertilizzanti ed ammendanti. Posizionamento dell'albero nella buca. Copertura della buca con il terreno. Rincalzo e formazione di invito per la raccolta d'acqua o per l'allontanamento della stessa a seconda delle condizioni pedo-climatiche. Posizionamento del palo tutore e legatura del fusto. Pacciamatura con biofeltri, dischi pacciamanti, corteccia di resinose, ecc.
Prescrizioni	Se a radice nuda, l'intervento deve essere effettuato esclusivamente durante il periodo di riposo vegetativo.
Limiti di applicabilità	Assenza di terreno vegetale; eccesso di ombreggiamento; eccesso di aridità estiva.
Vantaggi	Esecuzione semplice, tecnica nota a qualsiasi impresa del verde.
Svantaggi	La stabilizzazione del terreno è limitata sino allo sviluppo di un adeguato apparato radicale e quindi tale condizione deve inizialmente essere garantita da altro materiale o tecnica. Nei primi anni necessitano di cure colturali.
Effetto	Con il tempo si forma un robusto reticolo radicale e una copertura vegetale di protezione dall'erosione. Aumenta la biodiversità, grazie anche all'instaurarsi di un ambiente idoneo ad ospitare numerose specie animali.
Periodo di intervento	Piante a radice nuda: durante il periodo di riposo vegetativo. Piante in zolla o contenitore: anche durante il periodo vegetativo con esclusione dei periodi di aridità estiva e di gelo invernale.
Possibili errori	Scelta errata delle specie rispetto alle condizioni pedo-climatiche, con conseguente elevata percentuale delle fallanze. Scelta errata del periodo di posa del materiale vegetale vivo. Mancate cure colturali iniziali (in genere necessita irrigazione di soccorso iniziale). Uso di specie non autoctone o non derivanti da materiale da propagazione locale.

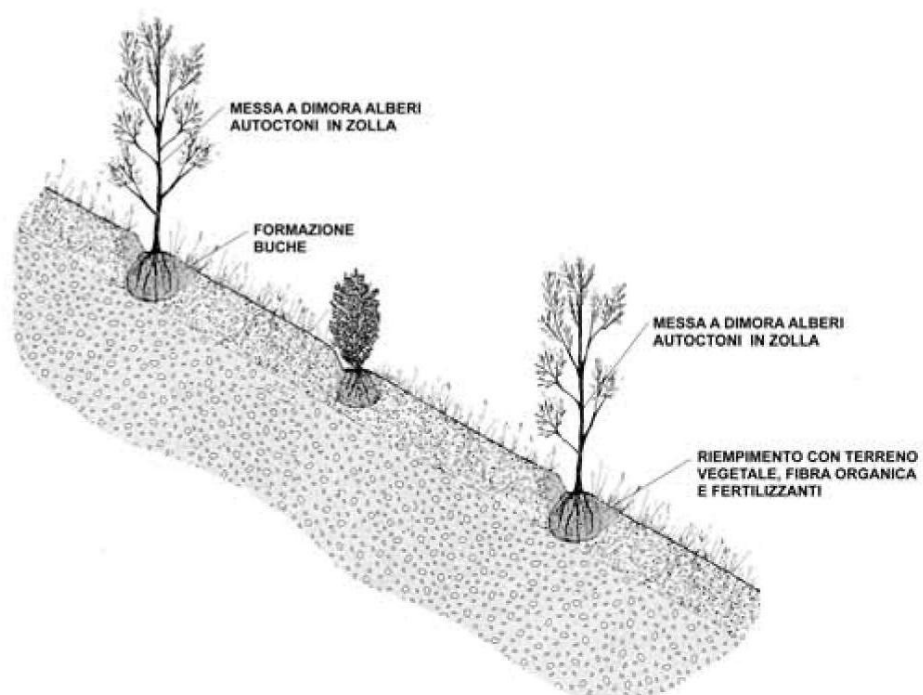
scheda 16: Piantagione di alberi

Foto:



Messa a dimora di alberi

Sezione tipo



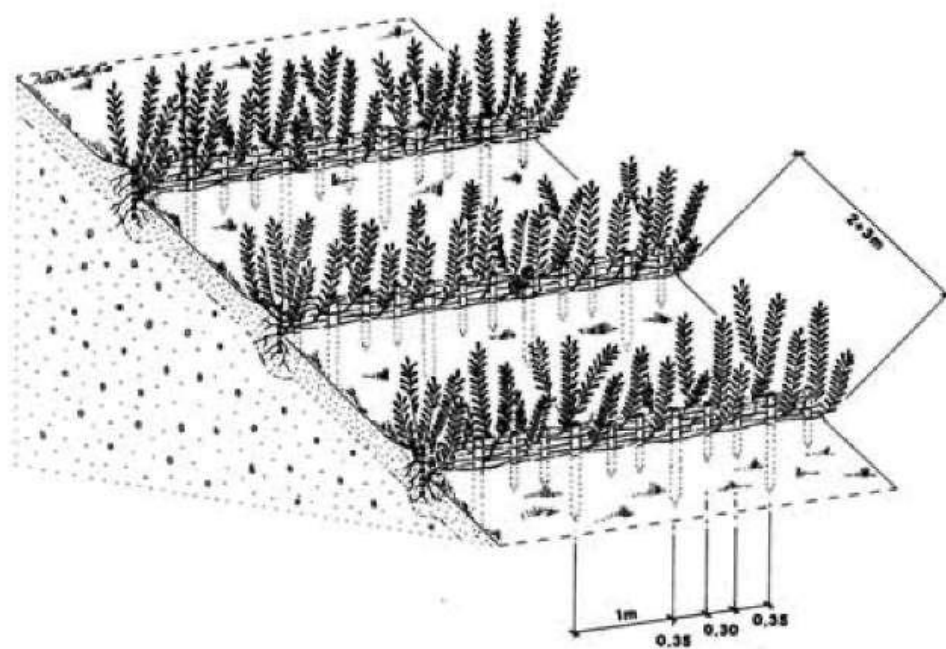
scheda 17: Viminata viva	
Descrizione sintetica	Verghe di specie legnose con capacità di propagazione vegetativa, intrecciate attorno a paletti di legno. Le vimate possono essere realizzate a file parallele lungo il versante oppure possono essere disposte diagonalmente a formare rombi, qualora sia necessario trattenere il terreno vegetale e ridurre il ruscellamento superficiale dell'acqua lungo il pendio.
Campi di applicazione	Versanti soggetti a movimento superficiale del terreno o a modesti franamenti ed erosioni.
Materiali impiegati	Verghe elastiche di specie legnose, adatte all'intreccio e con capacità di propagazione vegetativa (salici, tamerici), poco ramificate, L min. 1,50 m e Ø alla base non inferiore ai 3 - 4 cm Paletti in legno di resinosa o castagno Ø 8 - 15 cm L = 1,00 - 1,50 m Filo di ferro cotto
Modalità di esecuzione	Formazione di solchi profondi circa 30 cm Infissione dei paletti in legno lungo il versante, in modo tale che rimangano fuori terra circa 50 cm (o per i 2/3 della loro lunghezza), e con interasse massimo di 1,00 m Infissione dei picchetti in ferro, L = 40 ■+ 50 cm, interasse circa 30 cm Intreccio, attorno ai paletti e ai picchetti, di 3 - 7 verghe elastiche di specie con capacità di propagazione vegetativa, una sopra l'altra e ben appressate verso il basso. Legatura delle verghe ai paletti mediante filo di ferro Ricopertura del solco con il terreno di scavo e ricalzo sia a monte che a valle della viminata, in modo tale che almeno le verghe inferiori risultino essere interrate (per un'altezza min. di 10 cm sotto terra e per un'altezza di 15 + ■ 25 cm fuori terra). I paletti non dovranno sporgere più di 5 cm sopra l'intreccio Le vimate possono essere realizzate a file parallele con interasse 1,2 ^ 2,00 m oppure possono essere disposte diagonalmente a formare rombi, qualora sia necessario trattenere il terreno vegetale e ridurre il ruscellamento superficiale dell'acqua lungo il pendio.
Prescrizioni	Le verghe al di sopra del terreno disseccano e muoiono L'effetto consolidante si ha solamente nel caso di vimate interrate e seminterate per ridurre i fenomeni di sottoerosione e scalzamento. Tecnica indicata per piccoli smottamenti e necessità di rapido effetto meccanico di trattenuta del terreno superficiale. Per evitare fenomeni di ombreggiamento tra una fila e l'altra, viene preferita una disposizione a file inclinate rispetto al pendio, nel rispetto delle direzioni di deflusso superficiale delle acque
Limiti di applicabilità	La tecnica è prevalentemente indicata per versanti interessati da franamenti di piccola entità. Tecnica non utilizzabile su terreni sassosi o rocciosi.
Vantaggi	Rapida stabilizzazione sino a 50 cm di altezza; immediato contenimento del materiale; tecnica adattabile alla morfologia del versante.
Svantaggi	Lavoro che richiede notevole mano d'opera; non sempre sono reperibili verghe lunghe ed elastiche da intrecciare in quantità sufficiente; la radicazione è modesta rispetto alle quantità di materiale utilizzato. Spesso accade che i paletti vengano spezzati per un eccessivo carico da monte o a causa dei sassi che precipitano dall'alto. In tal caso si rendono necessarie opere manutentive, sostituzione dei paletti spezzati.
Effetto	Consolidamento immediato degli strati superficiali di terreno, che migliora quando le verghe emettono radici.
Periodo di intervento	Durante il periodo di riposo vegetativo.
Possibili errori	Riporto di quantità insufficiente di terreno a tergo della viminata. Scelta errata del periodo per la posa di materiale vegetale vivo.

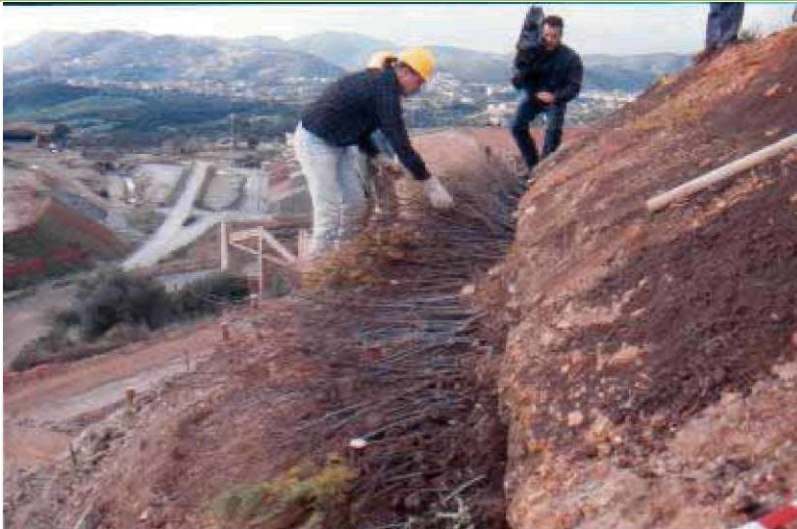
Foto:



Particolari di una viminata.

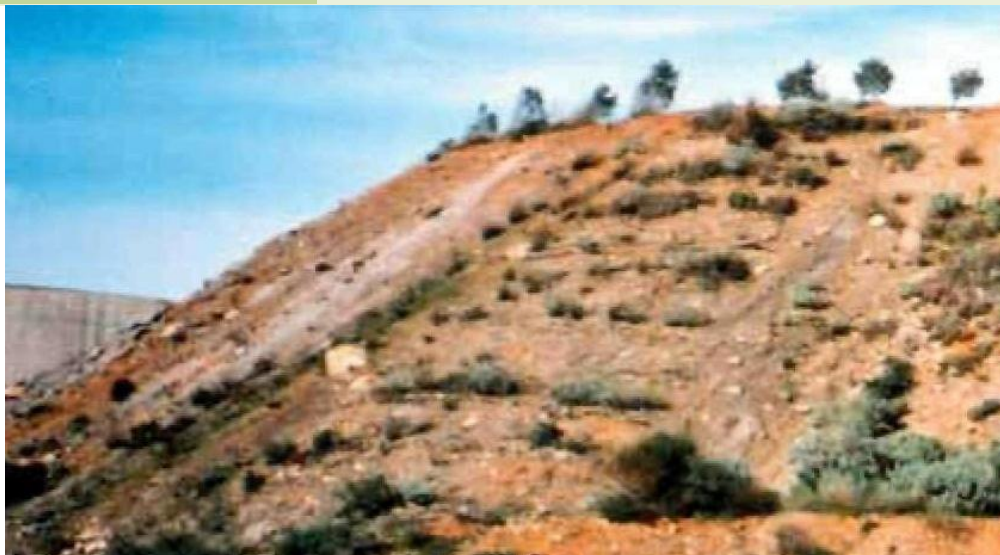
Sezione tipo



scheda 18: Gradonata viva	
Descrizione sintetica	Scavo di gradoni o terrazzamenti a file parallele su pendii con messa a dimora all'interno del gradone di ramaglia di piante legnose con capacità di riproduzione vegetativa (salici, tamerici, ecc.) e/o piante radicate di latifoglie e successiva copertura con materiale proveniente dagli scavi superiori.
Campi di applicazione	Pendii incoerenti e stabilizzazione di frane in materiale morenico o alluvionale.
Materiali impiegati	Rami di specie con capacità di ricaccio (a) Latifoglie radicate (b) di 2 - 3 anni
Modalità di esecuzione	Scavo di un gradone con profondità da 0,5 a 1,00 m e contropendenza interna di 5°-10° e trasversale di 10° Posizionamento all'interno dello scavo di 10-20 talee e/o 5-10 piantine radicate per metro Riempimento dello scavo con il materiale proveniente dal gradone superiore, realizzato a una distanza dal precedente variabile a seconda della pendenza della scarpata (da 1 a 3 m), assicurando il riempimento degli spazi tra i rami Tra un gradone e l'altro viene eseguita una semina N.B.: è preferibile procedere lungo il pendio per fasce di circa 10 m dal basso verso l'alto
Prescrizioni	Esecuzione manuale: dal basso verso l'alto. Esecuzione a macchina: dall'alto verso il basso. Le talee e gli astoni devono sporgere dal terreno per 10-15 cm. Talee e astoni disposti incrociati all'interno dello scavo assicurano una radicazione maggiore. Le piante radicate devono essere di specie vegetali resistenti all'inghiaimento. La distanza tra le file dipende da pendenza, altezza e stabilità della scarpata (da 1 a 3 m). Le gradonate saranno orizzontali su scarpate asciutte, oblique su scarpate umide.
Limiti di applicabilità	Pendenza massima versante 40°.
Vantaggi	Tecnica eseguibile sia a mano che a macchina. Radicazione profonda con effetto di drenaggio, viene impedita sia l'erosione sia il movimento del terreno. La messa a dimora di latifoglie radicate consente di raggiungere più rapidamente uno stadio più stabile dell'associazione vegetale. Deflusso dell'acqua nel suolo e ruscellamento superficiale vengono rallentati.
Svantaggi	Inizialmente si ha una limitata stabilità tra le file. La vegetazione che si sviluppa dalle piantine radicate potrebbe soffocare quella da talee, per cui è preferibile un inserimento delle piantine tra le file. Tecnica costosa per l'elevato fabbisogno di materiale vegetale.
Effetto	Consolidamento immediato del terreno, effetto che aumenta dopo la radicazione.
Periodo di intervento	Durante il periodo di riposo vegetativo, escludendo i periodi di innevamento e gelo profondo.
Possibili errori	Scelta errata del periodo per la posa di materiale vegetale vivo
Foto: G. Sauli	

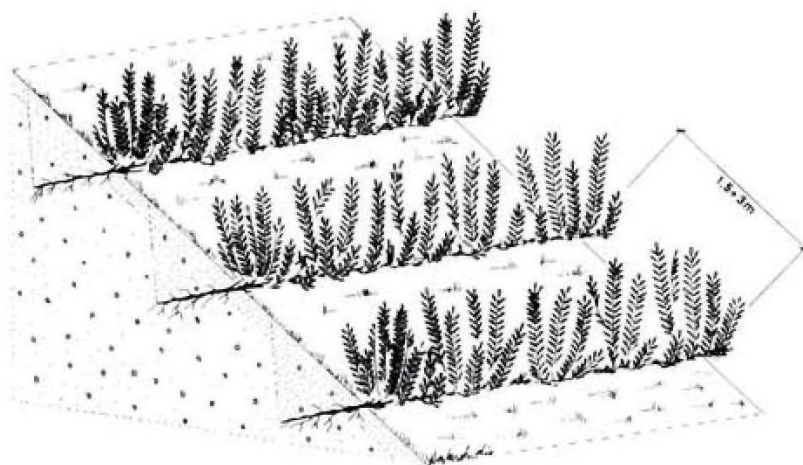
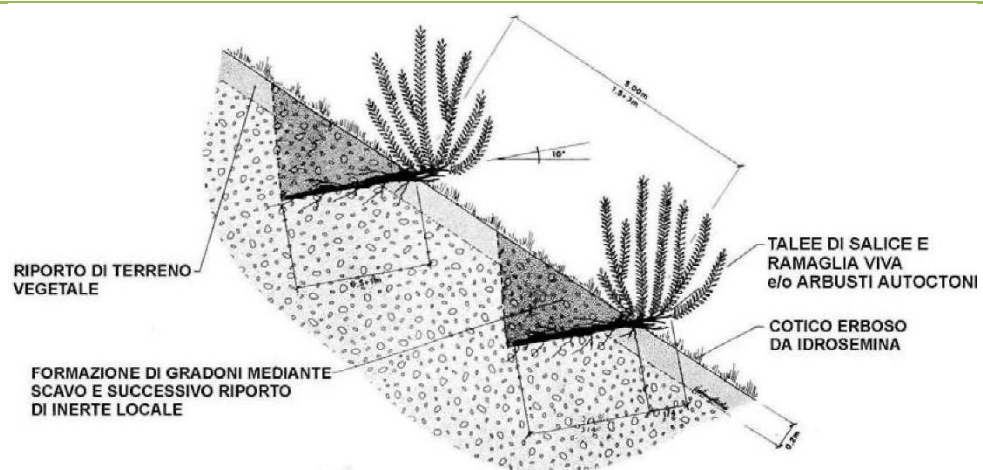
Stabilizzazione scarpate con gradonate vive di tamerici e arbusti di gariga mediterranea Campo Pisano (CA), 2003

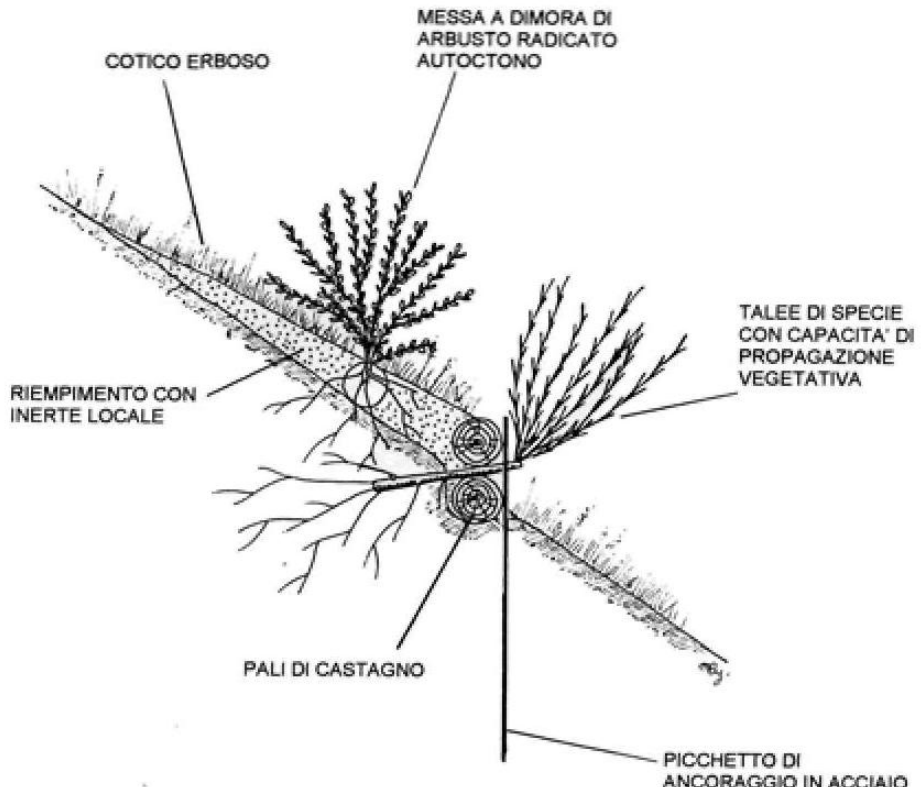
scheda 18: Gradonata viva



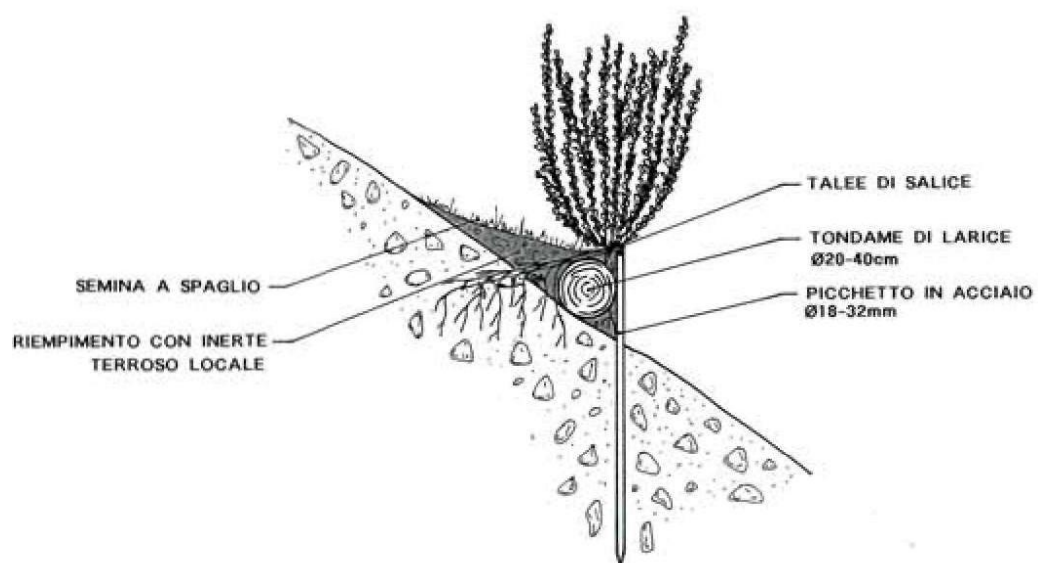
Formazione gradonate vive di tamerici Campo Pisano (CA), 1999

Sezione tipo



scheda 19: Cordonata orizzontale esterna viva con piloti	
Descrizione sintetica	Intervento per la stabilizzazione di scarpate consistente nella realizzazione di strutture in legname trasversali alla linea di massima pendenza, composte da due file sovrapposte di tronchi fissati con picchetti in ferro, messa a dimora di talee tra i due tronchi e messa a dimora di arbusti a monte nel gradone ottenuto. Tale intervento è caratterizzato da una ampia valenza applicativa, limitatamente alla stabilizzazione superficiale dei versanti, sia in scavo che in rilevato.
Campi di applicazione	Scarpate in scavo, consolidamento di solchi di erosione, stabilizzazione superficiale di rilevati e/o accumuli di materiale sciolto, versanti percorsi da incendi.
Materiali impiegati	Tronchi di castagno o conifere (escluso l'abete) \varnothing 15 - ^ 25 cm, L = 2,00 - ^ 5,00 m; picchetti in ferro \varnothing 14 (16) mm, L 40 ^ 100 cm o in legno \varnothing 8 - 10 cm, L 1 m talee legnose di salici; arbusti autoctoni, inerte; sementi autoctone.
Modalità di esecuzione	Infissione dei picchetti posa dei tronchi orizzontali rincalzo a tergo con terreno locale messa a dimora delle talee messa a dimora delle piante radicate semina manuale
Prescrizioni	
Limiti di applicabilità	Pendenza eccessiva
Vantaggi	Rapidità di esecuzione con materiale locale in versanti poco accessibili
Svantaggi	Tecnica tra le più costose sia dal punto di vista della realizzazione che per quanto riguarda la grande quantità di materiale necessario
Effetto	Buon effetto immediato di limitazione dell'asporto del terreno
Periodo di intervento	Durante il periodo di riposo vegetativo, escludendo i periodi estivi o di innevamento e gelo profondo, per le talee. In caso di impiego esclusivo di arbusti radicati, tutto l'anno ad esclusione dei periodi di gelo e di aridità estiva.
Possibili errori	Scelta errata del periodo per la posa di materiale vivo. mancata o insufficiente chiodatura. scelta errata delle piante.
Sezione tipo	

scheda 19: Cordonata orizzontale esterna viva con piloti



7. Interventi combinati di consolidamento

Costituiscono in molti casi un'alternativa alle opere di sostegno in grigio ed impiegano, oltre alle piante, materiali non viventi che devono assicurare la resistenza meccanica della struttura in attesa della crescita della parte viva.

Si va dall'uso dei tronchi in legno come nella palificata viva, alle terre rinforzate con geotessili ed armature metalliche, ai massi in roccia con impianto di talee nelle fessure, comuni nei corsi d'acqua montani.

Queste strutture sono impiegate negli interventi di sistemazione e consolidamento dei versanti in frana e nella realizzazione di un'ampia gamma di opere di ingegneria per stabilizzare e/o sostenere terreno o altro materiale, quando per cause naturali o artificiali, quali scavi e riporti, si hanno condizioni che non permettono al terreno di assumere la sua naturale pendenza d'equilibrio.

Tra i vari interventi per il consolidamento di seguito sono descritte le tipologie che più comunemente trovano applicazione nell'ambito dei versanti, quali:

- ♣ Grate vive
- ♣ Palificate vive
- ♣ Gabbionate
- ♣ Murature a secco
- ♣ Cuneo filtrante
- ♣ Terre rinforzate

7.1.1 Grate vive

La tecnica della grata viva con talee e/o con piantine è una tipologia d'intervento più complessa rispetto ad altri sistemi d'ingegneria naturalistica, ma molto efficace negli interventi di sistemazione, stabilizzazione e rinverdimento di versanti e di scarpate anche con elevata acclività.

La grata viva è un sistema utilizzato con successo negli interventi di sistemazione e stabilizzazione di pendii in erosione o in frana, caratterizzati da inclinazione molto elevata (anche maggiore di 45°), dove non è possibile ridurre la pendenza con il modellamento dei versanti. Questo sistema garantisce, al tempo stesso, un'efficace azione di sostegno ed una protezione dall'erosione superficiale.

7.1.2 Palificate vive

Le palificate vive con talee e/o con piantine sono impiegate con successo negli interventi di stabilizzazione di pendii e scarpate, naturali o artificiali, in dissesto. Questo sistema favorisce il rinverdimento di pendii attraverso la formazione di strutture fisse in legname, che hanno la funzione di formare delle piccole gradonate a monte delle quali si raccoglie il terreno. In questo modo si crea lungo le curve di livello una struttura più resistente delle viminate, in cui si interrano dei fitti "pettini" di talee e/o di piantine radicate. Lo sviluppo dell'apparato radicale garantisce il consolidamento del terreno, mentre la parte aerea contribuisce a contenere l'erosione superficiale.

7.1.3 Gabbionate

Le gabbionate sono strutture di sostegno modulari formate da elementi a forma di parallelepipedo in rete a doppia torsione tessuta con trafilato di acciaio riempite con pietrame.

Questo tipo di struttura è nata in Italia ed ha avuto ampia diffusione, soprattutto come opera di sostegno e drenaggio, negli interventi di consolidazione e sistemazione di versanti instabili e in altri settori dell'ingegneria civile.

Le gabbionate sono una valida soluzione per la realizzazione di opere di sostegno in diversi contesti, da quello urbano a quello fluviale e collinare montano, dove occorre tener conto sia delle esigenze tecniche per le quali l'opera è stata costruita, sia della necessità di avere un buon inserimento ambientale. Le tecniche costruttive, i materiali, le caratteristiche tecniche e meccaniche intrinseche della struttura, la facilità di inerbimenti e di sviluppo della vegetazione erbacea ed arbustiva consentono di mitigare l'impatto ambientale e gli effetti negativi di natura estetica sul paesaggio circostante, favorendo, al tempo stesso, il ripristino naturale e/o la formazione di ecosistemi locali.

7.1.4 Murature a secco

I muri in pietrame sono opere che hanno origini antichissime. L'uomo, infatti, ha da sempre utilizzato la pietra naturale, dove questa era facilmente reperibile in loco, per le costruzioni a secco sia per la costruzione di edifici civili e militari, sia per la sistemazione dei versanti (terrazzamenti). A titolo di esempio si possono citare le imponenti "mura megalitiche" che caratterizzano importanti siti archeologici come ad esempio le mura ciclopiche delle antiche città degli Ernici o Volsci e di altre civiltà preromane, in Centro e Sud America presso gli Aztechi in Messico o gli Incas in Perù, (terrazzamenti di Macchu Piccu e di Sacsayhuaman) fino alla lontana Isola di Pasqua, in Oceania.

Queste antiche opere erano realizzate con grossi blocchi di pietra di varie forme e dimensioni, da irregolare a perfettamente poligonali, sgrezzati e lavorati a mano in modo da consentire la massima superficie d'appoggio ed il miglior incastro. I grossi massi sono sovrapposti "a secco" su più filari in modo da realizzare strutture di grande altezza (più di 15 m) e spessore.

Questa tecnica di costruzione, tramandata con poche variazioni fino ai giorni nostri, è stata impiegata soprattutto per la sistemazione "a terrazze" dei versanti collinari e montuosi per scopi agricoli e per la difesa del suolo dall'erosione e dalle frane. Famose sono le "terrazze" per la coltivazione dei vigneti delle Cinque Terre in Liguria, o i terrazzamenti con muri a secco in pietra realizzati in numerose regioni italiane dal Nord al Sud (Valtellina, Toscana, Lazio, Campania, Puglia, Sicilia).

I muri in pietrame a secco, trovano la loro applicazione più diffusa in:

- ♣ - interventi di consolidamento e di difesa dall'erosione di versanti instabili mediante terrazzamenti e gradonatura;
- ♣ - interventi di difesa delle sponde dall'erosione fluviale (scogliere); -sistemazioni dei versanti "a terrazze" per il contenimento del terreno a scopi agricoli; -costruzioni di infrastrutture di vario tipo.

7.1.5 Cuneo filtrante

Il "cuneo filtrante" è un intervento di stabilizzazione dei versanti le cui caratteristiche principali sono la facile realizzazione e l'economicità.

Il cuneo filtrante è una struttura che non ha nessuna funzione statica. L'elevata permeabilità del materiale drenante insieme allo sviluppo degli apparati radicali delle piante esercitano un'efficace azione drenante favorendo il consolidamento del versante attraverso l'eliminazione delle acque in eccesso. L'intervento è realizzato alla base del pendio o della scarpata da stabilizzare, preferibilmente previa sistemazione mediante terrazzamenti con muri a secco e/o rivestimenti di scogliera in pietrame. Il materiale drenante (pietrisco o ghiaia) è disposto con la stessa pendenza del versante. Alla base dello scavo è posto un tubo drenante in grado di allontanare le acque della falda e quelle meteoriche di infiltrazione.

Nel corpo della struttura, così realizzato, sono messe a dimora in strati talee di salice o rami vivi in modo che le radici si innestino nel terreno in posto.

7.1.6 Terre rinforzate

Negli ultimi anni le tecniche di rinforzo delle terre hanno avuto un largo sviluppo nella realizzazione di strutture in grado di assolvere sia le funzioni di opere di sostegno e di contenimento sia di rispondere alle esigenze della salvaguardia ambientale e del corretto inserimento paesaggistico-ambientale dell'opera.

La tecnologia delle terre rinforzate rappresenta la ripresa ed il perfezionamento, in chiave moderna, di un sistema di miglioramento delle caratteristiche del terreno che ha origini antichissime.

Sembra infatti che i primi esempi di applicazione di questo sistema di costruzione, di cui si hanno testimonianze archeologiche, risalgano a circa tremila anni dal presente, quando i Babilonesi utilizzarono letti di rami di palma con funzioni di rinforzo nei terreni di fondazione, particolarmente compressibili, degli "Ziggurat".

Numerose altre testimonianze dell'impiego di materiali di vario tipo (come giunchi, bambù, pelli di animali, legname) come elementi di rinforzo per la realizzazione di opere in materiali sciolti, si ritrovano nell'antichità presso i cinesi, i giapponesi i romani.

In tempi recenti sono state messe a punto e perfezionate nuove tecniche del rinforzo delle terre. Infatti il moderno concetto di terreno rinforzato è sorto in Francia nel 1963 da un'idea di Henry Vidal, che ha messo a punto e brevettato un sistema di costruzione di terra rinforzata denominato "Terra armata". Negli anni settanta, per questa applicazione, hanno cominciato a diffondersi i geosintetici ed altre tecnologie, oggi ampiamente sperimentate in tutto il mondo, che offrono prestazioni molto interessanti sotto vari aspetti: tecnici, economici ed ambientali.

7.2 Schede tecniche

- 20 *Grata viva su scarpata*
 - 21 *Palificata viva di sostegno semplice*
 - 22 *Gabbionata in rete metallica zincata rinverdita*
 - 23 *Terra rinforzata rinverdita*
 - 24 *Muro a secco rinverdito*
 - 25 *Cuneo filtrante*
-

scheda 20: Grata viva su scarpata	
Descrizione sintetica	Struttura in tondame ottenuta mediante la posa su scarpate in erosione di tronchi verticali e orizzontali disposti perpendicolarmente tra loro. I tronchi orizzontali sono sovrapposti a quelli verticali e sono chiodati ad essi. All'interno delle camere così ottenute, vengono poste in corso d'opera talee di salici e/o arbusti radicati e il tutto viene ricoperto con inerte terroso locale.
Campi di applicazione	Ricostruzione del profilo di smottamenti con pendenza tra 45° e 55° che non può essere ridotta. Scarpate di infrastrutture viarie.
Materiali impiegati	Tronchi di castagno o conifere (escluso l'abete) $\varnothing 15 \wedge 25$ cm, L = 2 - 5 m Picchetti in ferro $\varnothing 14$ mm, L min. 40 - 100 cm Talee legnose di salici L min 1 m Inerte terroso locale di riempimento Sementi idonee Arbusti autoctoni Rete elettrosaldata e ramaglie di contenimento dell'inerte tra le camere
Modalità di esecuzione	Formazione alla base della scarpata di fondazione: solco longitudinale o palificata o scogliera in massi. Posa nel solco di un tronco quale appoggio al piede. Posa degli elementi verticali con interasse di circa 1 m Fissaggio degli elementi verticali al substrato con picchetti in ferro. Posa degli elementi orizzontali su quelli verticali con interasse 0,40 +■ 1 m (in funzione della pendenza) e chiodatura. Inserimento della rete elettrosaldata e della ramaglia. Inserimento nelle camere così ottenute delle talee di salice. Riempimento con inerte terroso locale. Semina o idrosemina dell'intera superficie della grata. Messa a dimora di eventuali piantine radicate di arbusti locali.
Prescrizioni	L'interasse degli elementi orizzontali varia a seconda della pendenza della scarpata. Le altezze massime delle grate vive non superano i 4 - 5 m. Le talee dovranno avere una lunghezza tale da raggiungere il terreno retrostante la grata. A protezione della sommità può essere posto un foglio di carta catramata. A protezione dei fronti con pendenze elevate e come metodo di contenimento del materiale può essere posta all'esterno una griglia metallica o una rete metallica a doppia torsione. Una grata di piccole dimensioni può essere eseguita anche con l'impiego di astoni vivi.
Limiti di applicabilità	Dimensioni ed inclinazione della scarpata ricostruita. Altezza del pendio. Natura del substrato.
Vantaggi	Immediata stabilizzazione della scarpata. L'effetto di stabilizzazione aumenta con la radicazione delle specie vegetali. Le specie vegetali svolgono anche un'azione drenante in quanto assorbono l'acqua necessaria al loro sviluppo.
Svantaggi	Il legno col tempo marcisce, per cui oltre a buone chiodature, è necessario che le piante inserite nella struttura siano vive e radichino in profondità, così da sostituire la funzione di sostegno e consolidamento della scarpata una volta che il legno ha perso le sue funzioni. Lunghi tempi di realizzazione.
Effetto	Immediata stabilizzazione mediante l'armatura di legno del pendio e quindi possibilità per gli arbusti di svilupparsi. Effetto visivo notevole a breve scadenza.
Periodo di intervento	Durante il periodo di riposo vegetativo, escludendo i periodi estivi o di innevamento e gelo profondo, per le talee. In caso di impiego esclusivo di arbusti radicati, tutto l'anno ad esclusione dei periodi di gelo e di aridità estiva.
Possibili errori	Scelta errata del periodo per la posa di materiale vegetale vivo I correnti orizzontali vengono posti sotto i verticali, vanificando l'effetto di diminuzione della pendenza di ogni singola cella. Mancata o insufficiente chiodatura, uso di cambre al posto dei tondini d'armatura o delle barre filettate. Scelta errata delle piante. Impiego di specie esotiche.

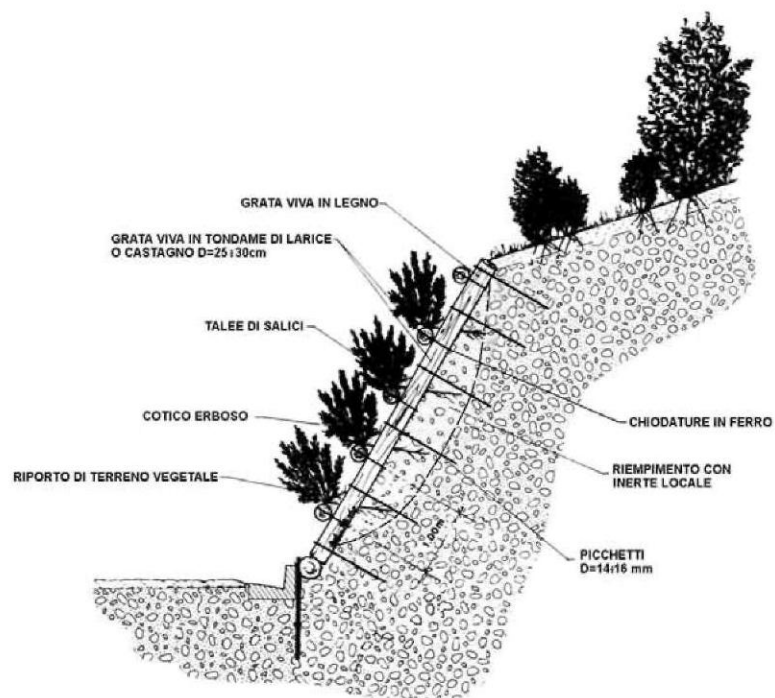
scheda 20: Grata viva su scarpata

Foto:



Grata viva in costruzione

Sezione tipo

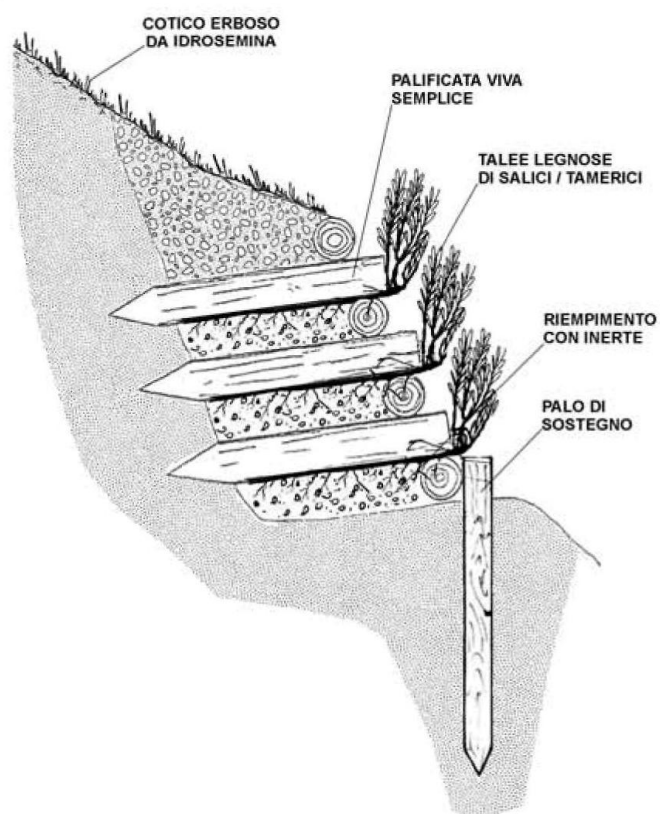


scheda 21: Palificata viva di sostegno semplice	
Descrizione sintetica	Struttura in tronchi costituita da un'incastellatura di tronchi a formare camere nelle quali vengono inserite talee di salici, caratterizzata da una sola fila orizzontale esterna ai tronchi e gli elementi più corti perpendicolari al pendio sono appuntiti e inseriti nel pendio stesso. L'opera, posta alla base di una scarpata, è completata dal riempimento con materiale terroso inerte e pietrame. Il pietrame posto a chiudere le celle verso l'esterno garantisce la struttura dagli svuotamenti, le talee inserite in profondità sono necessarie per garantire l'attecchimento delle piante che negli ambienti mediterranei soffrono per le condizioni di aridità.
Campi di applicazione	Base di scarpate in frana in situazioni di spazio o di possibilità di scavo limitati.
Materiali impiegati	Tronchi di castagno o resinosa scortecciati $\varnothing 20 \wedge 30$ cm Chiodature metalliche $\varnothing 12 \wedge 14$ mm Talee e ramaglie Pietrame Inerte terroso
Modalità di esecuzione	Scavo di fondazione in contropendenza ($10^\circ \wedge 15^\circ$) Posa della prima serie di tronchi correnti, paralleli al pendio Posa e chiodatura della prima serie di pali trasversi con punta perpendicolare al pendio al di sopra del tronco orizzontale: tali pali vengono inseriti nel terreno a spinta mediante escavatore. Interasse massimo 2 m Inserimento delle talee vive di salici Riempimento con il materiale inerte proveniente dallo scavo Ripetizione delle operazioni 2, 3, 4, 5, fino al raggiungimento dell'altezza di progetto Riempimento con inerte terroso a completa copertura dell'opera e riprofilatura di raccordo con il terreno retrostante
Prescrizioni	Le talee dovranno avere una lunghezza tale da passare l'opera fino a toccare il terreno retrostante e in tal modo radicare, mentre nella parte frontale dovranno sporgere per circa 10 cm. Il fronte della palificata dovrà avere una pendenza inferiore a 60° sull'orizzontale per consentire la crescita delle piante. I tronchi trasversi andranno disposti alternati e non uno sopra l'altro per garantire una maggiore elasticità e resistenza della palificata stessa. Va escluso l'impiego di non tessuti filtranti sul retro della struttura perché impediscono la radicazione delle piante; in caso di necessità verranno impiegati dreni di altra natura che non creino superfici di separazione. La chiodatura dei pali va effettuata con tondini di ferro o barre filettate passanti i tronchi previa perforazione. Le eventuali cambre possono essere usate solo per fissaggi provvisori.
Limiti di applicabilità	
Vantaggi	Rapido e robusto consolidamento del piede di scarpata. Applicabile anche nel caso di limitato spazio a disposizione, necessita di uno scavo inferiore rispetto a quello necessario per la palificata a parte doppia
Svantaggi	Il legno col tempo marcisce, per cui oltre a buone chiodature, è necessario che le talee inserite nella struttura siano vive e radichino in profondità, così da sostituire la funzione di sostegno e consolidamento della scarpata, una volta che il legno abbia perso le sue funzioni. Lunghi tempi di realizzazione
Effetto	Il consolidamento della scarpata è immediato. Effetto visuale immediatamente gradevole e di grande effetto paesaggistico legato al rapido sviluppo delle ramaglie
Periodo di intervento	Durante il periodo di riposo vegetativo.
Possibili errori	Scelta errata del periodo per la posa di materiale vegetale vivo Diametro dei tronchi sotto dimensionato. Mancate o insufficienti fondazioni o protezioni al piede. Mancato inserimento di talee o scarsità di materiale vegetale vivo idoneo. Inserimento troppo superficiale (a posteriori e non durante la costruzione) di talee. Impiego di specie prive di capacità di ricaccio vegetativo. Insufficiente chiodatura dei tronchi. Uso di cambre al posto delle barre per l'assemblaggio dei tronchi.

scheda 21: Palificata viva di sostegno semplice

Foto:

Sezione tipo



scheda 22: Gabbionata in rete metallica zincata rinverdita	
Descrizione sintetica	Gabbioni in rete metallica zincata a doppia torsione e maglia esagonale, riempiti in loco con ghiaione o pietrisco di pezzatura minima 15 cm, disposti a file parallele sovrapposte. Talee di salice o tamerice vengono inserite all'interno dei gabbioni con disposizione irregolare o a file nella prima maglia del gabbione superiore (non tra un gabbione e l'altro).
Campi di applicazione	Piede di pendii umidi e instabili; versanti in erosione; briglie in golene allagate occasionalmente; sistemi di fitodepurazione; difesa e sostegno di sponde lacustri; ricostruzione e/o sostituzione di muri di sostegno in calcestruzzo in terreni instabili. Nel loro impiego combinato con piante vive si prestano a varie applicazioni dell'ingegneria naturalistica che sono suscettibili di ulteriori evoluzioni data l'adattabilità dei materiali. Già il loro uso tradizionale presenta notevole plasticità dando adito nel tempo a processi di rinaturazione spontanea. Vengono impiegate per costruire strutture di sostegno a gravità caratterizzate da una elevata flessibilità e permeabilità. Vanno dimensionate come opere di sostegno.
Materiali impiegati	Pietrame o ciottoli di fiume ϕ 15 ^ 30 cm Scatolare in filo di acciaio zincato (e plastificato se a contatto con l'acqua), maglia tipo 8 x 10 a doppia torsione Filo di ferro zincato ϕ 2,2 mm o punti metallici meccanizzati in acciaio ϕ 3,0 mm Talee di salice o tamerice di lunghezza tale da toccare il terreno naturale dietro il gabbione, in genere 1,5 - 2 m e di ϕ min 2 cm
Modalità di esecuzione	Preparazione dello scavo del piano di fondazione su cui posare lo scatolare prefabbricato, sua apertura e messa in scatola con la chiusura dei lati verticali, utilizzando filo di ferro ϕ 2,2 mm, oppure punti metallici applicati con un'apposita apparecchiatura pneumatica o manuale Riempimento con ciottoli (può essere effettuato meccanicamente ma il pietrame deve essere sistemato a mano in modo da ottenere un buon addensamento). Per garantire che la struttura non si deformi eccessivamente durante il riempimento, si mettono in opera due livelli di tiranti, realizzati col filo metallico di legatura, spazati di 30 cm sia in senso orizzontale che verticale Chiusura della parte sommitale della fondazione Posizionamento della successiva fila di gabbioni, arretrata rispetto a quella sottostante di 0,50 m Inserimento di talee e ramaglia di salice o tamerice di lunghezza tale da toccare il terreno retrostante e inserite in corso d'opera (è impossibile inserirle a posteriori) a file nella prima maglia del gabbione o a disposizione più o meno irregolare (in genere su due file) durante il riempimento da effettuare in tre strati Posizionamento delle eventuali altre file secondo le modalità descritte.
Prescrizioni	Ramaglie e talee vanno sistemate in corso d'opera a disposizione irregolare all'interno del gabbione, se il riempimento viene fatto manualmente, o a file se il riempimento è meccanico Le talee dovranno essere potate a 10 - 15 cm circa dalla superficie del gabbione Limiti di applicabilità E' preferibile l'impiego in zone con disponibilità di materiale lapideo. L'abbinamento con le talee condiziona i periodi stagionali di intervento con esclusione dei periodi estivi e di gelo invernale.
Limiti di applicabilità	
Vantaggi	Tecnica di esecuzione rapida e semplice, effetto di consolidamento immediato, utilizzo di materiali locali, opera di sostegno permeabile all'acqua e flessibile. Adatta sia per sistemazioni lineari che per sistemazioni puntiformi.
Svantaggi	Per un rinverdimento rapido bisogna mettere a dimora le piante in corso d'opera condizionando i periodi stagionali d'intervento; la realizzazione si basa sulla disponibilità in loco di idoneo materiale lapideo per i riempimenti; l'uso di materiale litoide alloctono incrementa i costi e non è coerente con il principio dell'impiego di risorsa locale e l'effetto paesaggistico.
Effetto	Struttura di sostegno elastica, molto adatta per sistemazioni in condizioni di forte pendenza e in spazi limitati; l'uso dei ciottoli locali garantisce una coerenza visuale della struttura; nell'arco di 1 - 2 anni le radici dei salici o tamerici aumentano la stabilità della struttura stessa che viene anche mascherata dallo sviluppo delle parti aeree.
Periodo di intervento	Durante il periodo di riposo vegetativo.
Possibili errori	Mancato inserimento di talee e ramaglie di salice o tamerice o altri arbusti Esecuzione fuori stagione con scarse possibilità di attecchimento del materiale vegetale vivo Errato verso di inserimento delle talee

scheda 22: Gabbionata in rete metallica zincata rinverdita

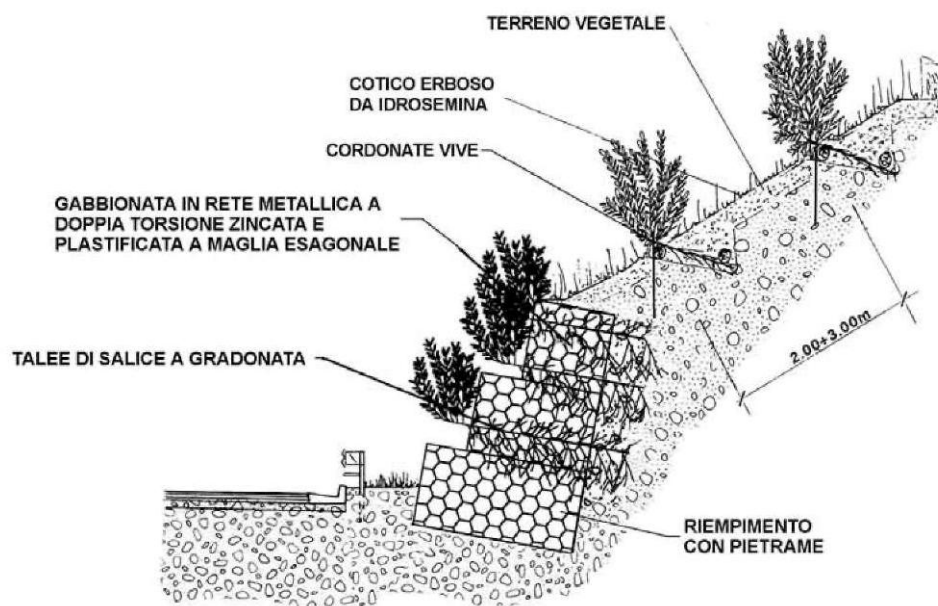
Inserimento delle ramaglie tra i gabbioni con possibile "strozzatura" delle piante
Mancata realizzazione dei tiranti e assestamento errato del pietrame con la conseguente deformazione dei gabbioni in fase di riempimento
Se si realizzano opere di sostegno non si deve sgradonare la parte posteriore del muro
Insufficienti fondazioni che vanno dimensionate ad esempio adottando gabbioni di spessore 0,5 m alla base per contenere le deformazioni
Uso di materiale litoide alloctono
Esaltazione del geometrismo ("effetto muraglia") con strutture troppo regolari per lunghi tratti
Uso di materiale litoide di riempimento squadrato a blocchetti

Foto:
V. Zago



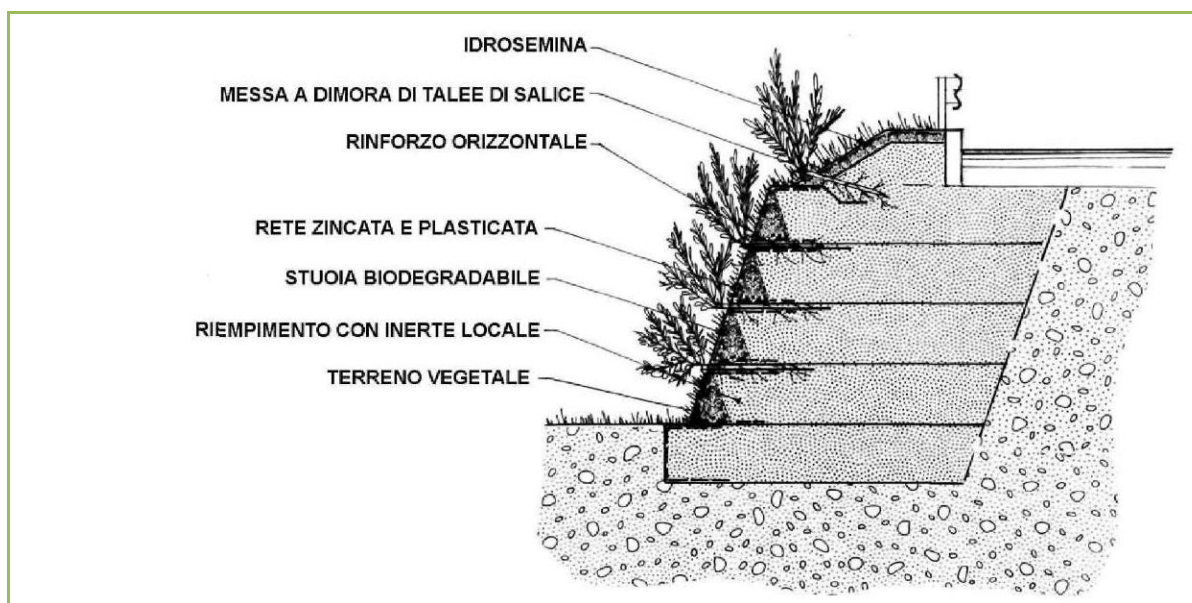
Gabbionata rinverdita Moggio Val Aupa (UD), 2002

Sezione tipo



scheda 23: Terra rinforzata rinverdita	
Descrizione sintetica	<p>Opera di sostegno realizzata mediante l'abbinamento di materiali di rinforzo orizzontale in reti sintetiche o metalliche plastificate, inerti di riempimento e rivestimento in stuoie sul fronte esterno, tali da consentire la crescita delle piante.</p> <p>Sotto il profilo statico, la stabilità della struttura è garantita dal peso stesso del terreno consolidato internamente dai rinforzi; la stabilità superficiale dell'opera è assicurata dalle stuoie sul paramento e dalle piante.</p>
Campi di applicazione	<p>Sostegno di scarpate in riporto.</p> <p>Consolidamento di scarpate stradali e ferroviarie.</p> <p>Terrapieni antirumore, modellamento e ricostruzione nei casi di spazio limitato</p>
Materiali impiegati	<p>Geosintetici: rinforzo con geosintetici, ripiegati a sacco a chiudere frontalmente il materiale di riempimento. Il contenimento durante la rullatura è garantito da casseri mobili, il cui posizionamento a scala verso l'alto determinerà la pendenza finale del fronte.</p> <p>Per il trattenimento del terreno vegetale frontale vengono abbinate geostuoie tridimensionali sintetiche o biostuoie in fibra vegetale.</p> <p>Griglia metallica e geosintetici: rinforzi con geosintetico resistente alla trazione; sul fronte esterno una rete metallica elettrosaldada, che funge da cassero, e rivestita internamente da stuoia sintetica o organica</p> <p>Griglia e armatura metallica: armature in lamine metalliche di lunghezza variabile, vincolate a griglie frontali in rete metallica elettrosaldada in acciaio zincato, inclinata di circa 63°, e che funge da cassero, rivestite internamente da una biostuoia o da una geostuoia tridimensionale sintetica</p> <p>Elementi preassemblati in rete metallica a doppia torsione: (pendenza massima 60°).</p> <p>Elementi di armatura planari orizzontali in rete metallica a doppia torsione, provvisti di barrette di rinforzo zincate e plastificate, inserite all'interno delle maglie nella parte di rete risvoltata in corrispondenza del paramento, che frontalmente è provvisto di un elemento di irrigidimento interno assemblato in fase di produzione, costituito da un pannello di rete elettrosaldada e da un geocomposito antierosivo in fibra naturale.</p> <p>L'inclinazione a 60° è ottenuta grazie a elementi a squadra realizzati in tondino metallico e preassemblati alla struttura.</p> <p>Punti metallici.</p> <p>Materiale inerte di riempimento.</p> <p>Terreno vegetale.</p> <p>Talee vive di salice.</p> <p>Arbusti radicati.</p> <p>Idrosemine normali o a spessore.</p>
Modalità di esecuzione	<p>Formazione di un piano di fondazione per la posa degli elementi. Nei sistemi assemblati in opera si poseranno in successione: cassero a perdere o a recuperare, rinforzi e geosintetico antierosivo. Nei sistemi prefabbricati tutti gli elementi sono preassemblati ed in cantiere vengono posati in un'unica soluzione.</p> <p>Inserimento delle talee di salice, tamerice, ecc. nella maglia inferiore e passanti la struttura.</p> <p>Riempimento con materiale inerte di diametro superiore a quello della maglia della rete, lasciando uno spazio di almeno 50 cm dal paramento esterno per il riporto di terreno vegetale, e compattazione, per strati di circa 30 cm, del terreno per la formazione del rilevato strutturale.</p> <p>Il materiale di riempimento viene lavorato a strati successivi e ogni strato viene ben compattato con un mezzo meccanico.</p> <p>L'inserimento di una stuoia a tergo del cassero in rete metallica garantisce il trattenimento del materiale più fino, pur con il mantenimento dell'effetto drenante della struttura.</p> <p>Riempimento nella parte frontale con terreno vegetale per uno spessore minimo di 50 cm</p> <p>Messa a dimora di arbusti radicati previo taglio di alcune maglie</p> <p>I moduli superiori e laterali vengono assicurati tra loro con punti metallici o cuciture adeguati.</p> <p>Talee e arbusti possono essere piantati a posteriori, con minore efficacia dovuta al limitato inserimento in profondità.</p> <p>Al termine della realizzazione della struttura viene eseguita una idrosemina, molto ricca di mulch in fibra di legno o paglia e di torba (idrosemina a spessore).</p>
Prescrizioni	<p>Per un miglior risultato la raccolta e l'inserimento di materiale vegetale vivo deve avvenire durante il periodo di riposo vegetativo, in caso di talee, e in primavera o autunno per gli arbusti radicati.</p> <p>Le talee devono al meglio avere una lunghezza tale da passare attraverso l'intera struttura e toccare il terreno retrostante, e comunque lunghezza non inferiore a 1,5-2 m.</p>

	<p>Per una buona riuscita della vegetazione le talee devono essere inserite in fase di costruzione e poste alla base di ogni modulo.</p> <p>Nel caso di forzata messa a dimora a posteriori delle talee, esse devono comunque essere inserite nella stagione adatta successiva alla costruzione. L'inserimento dovrà avvenire rispettando il verso di crescita e per almeno 50 cm di profondità. La parte fuori terra dovrà essere potata a circa 10-15 cm.</p> <p>Il terreno di riempimento dovrà essere addensato sino a raggiungere il 95% della densità massima in condizioni di umidità ottimale secondo Proctor modificato</p>
Limiti di applicabilità	<p>Per garantire l'attecchimento e la crescita delle piante e del cotico erboso, i fronti dovranno avere pendenza massima di 60° - 65°, per consentire l'apporto di acque meteoriche. Il cotico erboso deperisce nel tempo e non garantisce la funzione antierosiva del cuneo di terra vegetale frontale, che tende a dilatarsi quando le stuoie perdono la loro funzione, risulta pertanto indispensabile l'inserimento di talee e arbusti radicati e l'uso combinato di stuoie sintetiche permanenti.</p>
Vantaggi	<p>I manufatti risultano avere un'elevata durata temporale. Vengono riutilizzati inerti locali. La costruzione per moduli consente di ottenere varie forme, adattate alle condizioni locali del terreno.</p> <p>È la struttura artificiale a miglior resa per la rivegetazione ed effetto paesaggistico connesso. Opera elastica e permeabile.</p>
Svantaggi	<p>Costi e ingombri maggiori che per le strutture murarie in cls.</p> <p>È necessario reperire materiale di riempimento con caratteristiche geotecniche idonee.</p> <p>Se questo dovesse risultare coesivo con contenuto d'acqua non idoneo è necessario usare rinforzi drenanti.</p>
Effetto	<p>Struttura di sostegno molto adatta per sistemazioni in spazi limitati o in vicinanza di infrastrutture viarie.</p> <p>La plasticità delle morfologie realizzabili e la totale rivegetabilità ne fanno una delle tecniche più facilmente reinseribili nel paesaggio a parità di funzionalità di consolidamento.</p>
Periodo di intervento	<p>Il materiale vivo dovrà essere inserito nel periodo di riposo vegetativo se talee, in primavera o autunno se arbusti radicati</p> <p>La struttura delle terre rinforzate può essere realizzata in qualsiasi momento dell'anno anche se è raccomandabile l'inserimento delle talee e la piantagione di arbusti in fase di costruzione.</p>
Possibili errori	<p>Scelta errata del periodo per la posa di materiale vegetale vivo mancata piantagione di specie arbustive.</p> <p>Impiego di stuoie a rapido decadimento e conseguente innesco nel tempo di fenomeni di svuotamento.</p> <p>Mancato o scarso inserimento del cuneo di terreno vegetale sul fronte esterno.</p> <p>Mancata o scarsa rullatura e conseguenti cedimenti di assestamento dei terrapieni.</p> <p>Mancato rispetto del limite di inclinazione del fronte, eccessiva verticalità.</p> <p>Fondazioni poco profonde.</p> <p>Insufficiente lunghezza e frequenza dei teli in rapporto alle loro caratteristiche (necessità di calcolo della stabilità).</p> <p>Rullatura troppo vicino al paramento con il risultato dell'aumento della pendenza del fronte.</p>
Foto	
Sezione tipo	



scheda 24: Muro a secco rinverdito

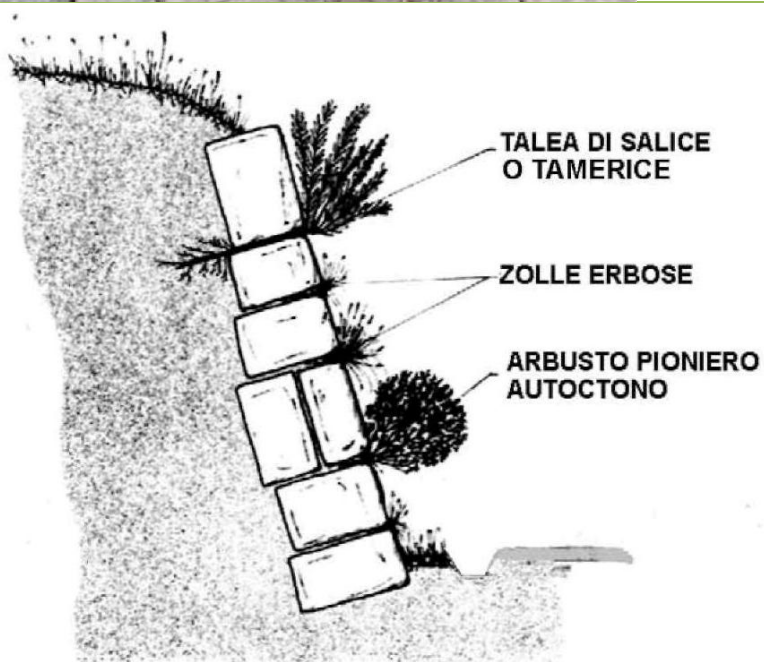
Descrizione sintetica	Muratura a secco in pietrame squadrato e intasato con terreno vegetale. Durante la costruzione vengono poste a dimora nelle fughe tra massi arbusti o talee di salice o tamerice, che dovranno sporgere al massimo di 10 cm dal muro.
Campi di applicazione	Stabilizzazione al piede di pendii, scarpate stradali. Sistemazioni puntiformi e lineari. Opere paravalanghe.
Materiali impiegati	Massi a base larga e di varie dimensioni (\varnothing min 80 cm) Terreno vegetale e/o materiale fine per l'intasamento Rami e talee di salice o tamerice L = 1m Arbusti radicati N.B.: per muri di altezza limitata e in prossimità di strade Zolle erbose Semina a mulch
Modalità di esecuzione	Scavo di fondazione Posa della prima fila di pietrame con inclinazione verso monte Messa a dimora di talee, ramaglia di salice o tamerice e arbusti radicati Eventuale messa a dimora di zolle erbose o semina Posa delle file successive di pietrame alternate alla ramaglia Intasamento con terreno vegetale e/o materiale fine. Ripetizione delle operazioni
Prescrizioni	La posa delle pietre deve avvenire mantenendo una contropendenza verso monte Le talee non dovranno sporgere più di 10 cm dal muro per evitare il disseccamento all'aria Le talee dovranno essere passanti la struttura, fino a toccare il terreno retrostante Al termine della posa si provvederà alla potatura a misura
Limiti di applicabilità	Possono essere raggiunte al massimo altezze di 2 m.
Vantaggi	Consolidamento immediato del versante, struttura elastica e permeabile all'acqua. Struttura economica e facilmente realizzabile. Può essere impiegato pietrame sgrossato e di varie dimensioni. Durata nel tempo. Opera di valenza ornamentale-paesaggistica. Se necessario, è facilmente riparabile.
Svantaggi	Altezza limitata dell'opera (2 m). Opera limitata a situazioni di dissesto superficiale e ridotta estensione. Costi legati alla prevalenza di mano d'opera nelle lavorazioni.
Effetto	Effetto stabilizzante immediato. Una volta cresciuta ramaglia e arbusti l'opera ha un effetto estetico migliore rispetto alle opere in "grigio".
Periodo di intervento	Durante il periodo di riposo vegetativo. La costruzione con massi può avvenire in qualsiasi periodo dell'anno; la messa a dimora di materiale vivo solo durante il periodo di riposo vegetativo.
Possibili errori	Scelta errata del periodo per la posa di materiale vegetale vivo Eccessiva esposizione all'aria delle talee e della ramaglia Eccessivo drenaggio o aridità da esposizione

scheda 24: Muro a secco rinverdito

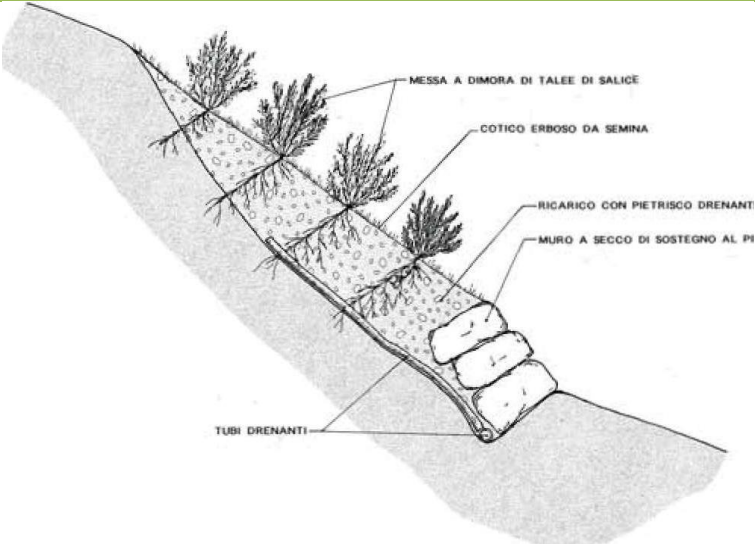
Foto:
G.Sauli



Sezione tipo



scheda 25: Cuneo filtrante

Descrizione sintetica	Sistema di drenaggio costituito da un corpo in ghiaia e pietrisco, all'interno del quale sono inserite a strati talee e ramaglia viva di specie con capacità di propagazione vegetativa, piante radicate e zolle di canna.
Campi di applicazione	Drenaggio al piede di pendii. Drenaggio di frane di versante (fino a 3 m di spessore).
Materiali impiegati	Ghiaie (2-10 cm) e sassi (10-30 cm) Talee Ramaglia viva Piante radicate Zolle di canna
Modalità di esecuzione	posizionamento di uno o più tubi microforati drenanti lungo il corpo della frana stesura di un primo strato di pietrisco inserimento di talee e/o ramaglia viva al di sopra dello strato di ghiaia stesura dei successivi strati alterni di ghiaia e ramaglia fino al completamento dell'intervento la messa a dimora delle zolle di canna viene eseguita al termine dei lavori Alla base del cuneo filtrante può essere anche realizzato un muretto a secco o una scogliera di altezza adeguata.
Prescrizioni	Talee e ramaglia devono avere lunghezze tali da poter toccare il terreno retrostante. La scelta del materiale di riempimento viene effettuata in base alle caratteristiche geologiche del luogo La posa del materiale vivo va preferibilmente effettuata durante la stesura del materiale inerte, in modo tale da poter realizzare gradonate vive
Limiti di applicabilità	
Vantaggi	Intervento di semplice realizzazione, costi modesti, effetto immediato e duraturo.
Svantaggi	Realizzazione limitata alle zone con disponibilità di ghiaia. Vengono raggiunte altezze limitate.
Effetto	Opera di sostegno e di drenaggio fin dalla sua realizzazione. L'effetto aumenta man mano che le piante crescono.
Periodo di intervento	Durante il periodo di riposo vegetativo per la messa a dimora del materiale vivo; in qualsiasi stagione la stesura del materiale inerte.
Possibili errori	Scelta errata del periodo per la posa di materiale vegetale vivo Dimensioni ridotte delle talee e della ramaglia Inserimento delle talee nel verso contrario a quello di crescita
Foto:	
Sezione tipo	

Bibliografia

Schiechtl H. M., Stern R.: "Ingegneria naturalistica, manuale delle opere in terra", Edizioni Castaldi. Feltre, 1992.

Schiechtl H. M., Stern R.: "Bioingegneria forestale, basi, materiali da costruzione vivi, metodi". Edizioni Castaldi. Feltre, 1991.

REGIONE LAZIO -Manuale di Ingegneria Naturalistica -Volume 3 Sistemazione dei versanti -gennaio 2006

Provincia di Terni - Manuale tecnico di Ingegneria Naturalistica della Provincia di Terni -2003

PODIS - PROGETTO OPERATIVO DIFESA SUOLO- MANUALE DI INDIRIZZO DELLE SCELTE PROGETTUALI PER INTERVENTI DI INGEGNERIA NATURALISTICA – 2005

APAT -Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici -Atlante delle opere di sistemazione dei versanti - 2002
