

Sistemazione dei versanti

Ingegneria naturalistica

Giancarlo Dalla Fontana
Università di Padova

A.A. 2013/2014

Che cos'è l'ingegneria naturalistica ?

“E' il costruire nell'ambiente con materiali vivi e conoscenze naturalistiche, avendo come obiettivo la creazione di ecosistemi che siano in grado di autosostenersi”

Quali ne sono i limiti?

“Sono di natura diversa. Possono essere:
fisici: temperatura, aridità, altitudine;
tecnici: presenza di forze e tensioni troppo elevate”

L'ingegneria naturalistica

Insieme di tecniche costruttive, su base biologica, che si possono applicare negli interventi di difesa del suolo (terreni, versanti e sponde instabili);

- ✓ Impiego di vegetali, come elemento “vivo” o in abbinamento con altri materiali da costruzione;
- ✓ Lo sviluppo delle piante deve favorire un'azione di consolidamento duratura del suolo o delle opere;
- ✓ La sistemazione a verde deve favorire la ricostruzione di un ecosistema tendente alla naturalità.

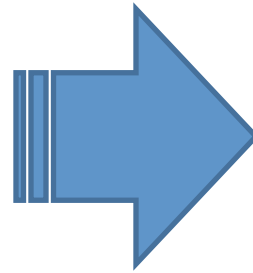
Lo scopo dell'ingegneria naturalistica, “non è quello di abbattere le costruzioni ingegneristiche degli ultimi anni, ma quello di vitalizzare il nostro paesaggio già costruito”.

Si tratta quindi di un migliore inserimento nel paesaggio di certe opere ritenute necessarie in una logica di sviluppo compatibile, mitigando così il loro impatto sia a livello estetico-paesaggistico che naturalistico

L'ingegneria naturalistica si usa per



earth
engineering



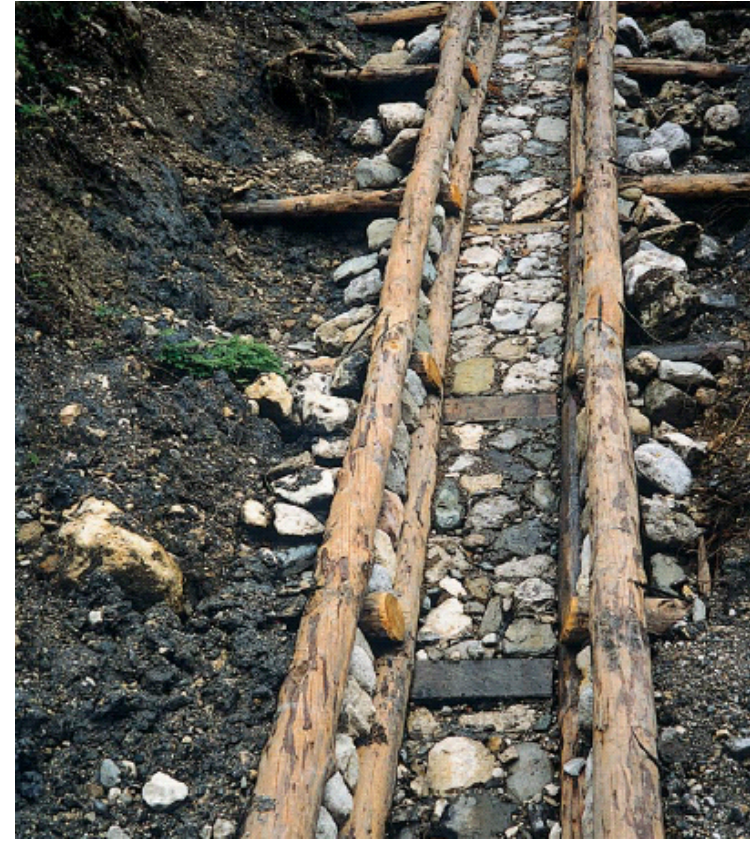
hydraulic
engineering



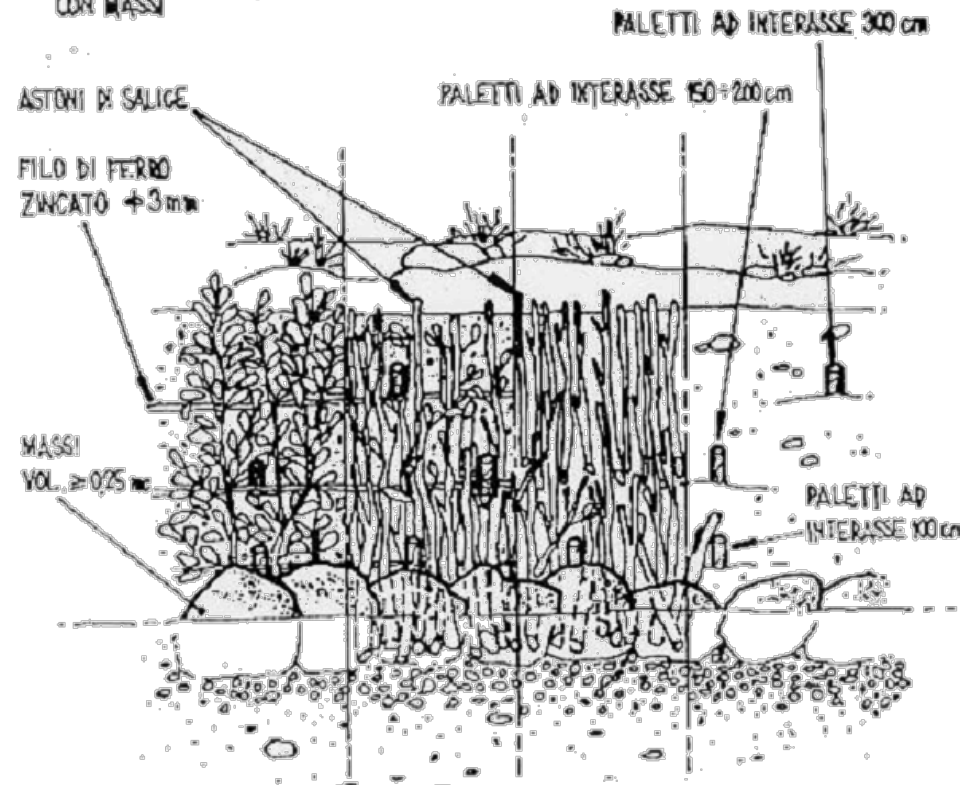
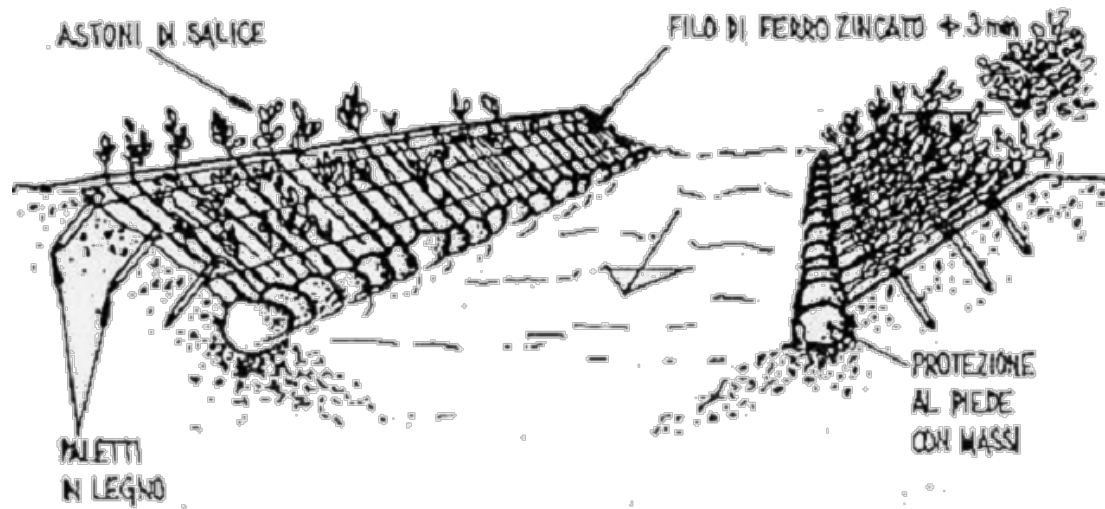


Scogliera con talee

Cunettoni in legname



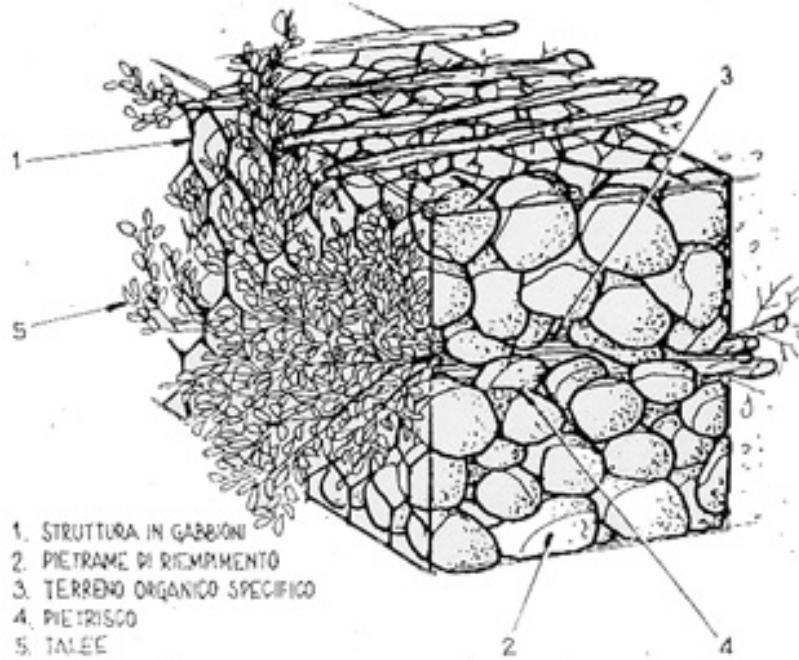
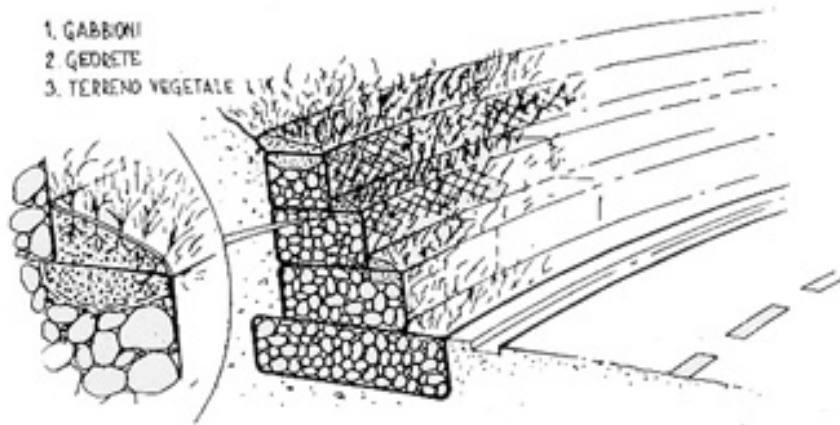
Copertura diffusa



Consolidamento spondale: soglie+copertura diffusa di salici+scogliere



GABBIONATE



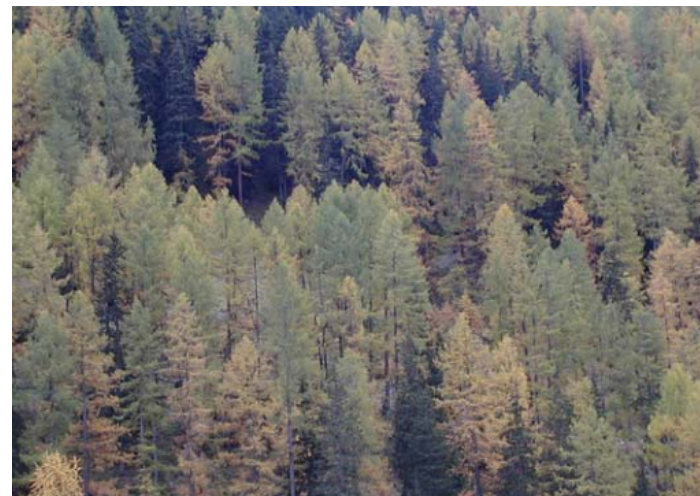
➤ Vegetazione



Piantine a radice nuda

Piantine in vaso

Talee



➤ Legno

➤ Pietra

➤ Ferro

➤ Stuoie e reti in materiali naturali e sintetici

PREMESSA

- Opere di notevole importanza – si basano su **materiali reperibili direttamente sul posto** in cui vengono eseguiti i lavori
- soli o in combinazione nel consolidamento e nel restauro ambientale – **bassi costi e buon inserimento nel paesaggio**
- importanza notevole nella riqualificazione del paesaggio
- opere in legno e pietrame realizzate per consolidamento pendii instabili (nudi o in erosione), o in impluvi (briglie di consolidamento)
- alternativa alle classiche opere in calcestruzzo

Uso dei materiali



I diversi materiali vanno utilizzati in sinergia isocrona e/o eterocrona

I pali di legno hanno da subito una funzione strutturale ma, col tempo, sono destinati al degrado



La vegetazione che si sviluppa dalle talee ha, nei primi anni, una funzione di mascheramento mentre, più avanti nel tempo, si prevede che assuma una funzione strutturale.

I materiali: una classificazione

A. Materiali organici (naturali)

Materiali organici vivi

- Sementi
- Talee di specie arbustive ed arboree
- Semenzali e trapianti di specie arbustive e/o arboree
- Rizomi e radici
- Piote (zolle) erbose

Materiali organici inerti

- Legname
- Reti e stuoie in juta, fibra di cocco, fibra di paglia ecc.
- Paglia e fieno
- Concimi organici



VEGETAZIONE

B. Materiali di sintesi

- Griglie, reti o tessuti di materiale sintetico (poliestere, polipropilene, ecc.)
- Fertilizzanti e collanti chimici

C. Altri materiali

- Pietrame
- Ferro e acciaio

I materiali strutturali

A – materiali strutturali (legname)

B – materiali di riempimento (pietrame, sassi)

C – materiali di assemblaggio (chiodi, tondini, graffe)

D – materiali vari

E – materiali vivi (vegetazione)

A. Legname

- ossatura delle opere di consolidamento
- legname tondo prelevato nelle vicinanze del luogo di lavoro
- diradamenti, tagli di curazione e ceduzione – piante abbattute vengono sramate, scortecciate e depezzate
- Diametro tondame: tra 20 e 30 cm
- processo di essiccazione prima della messa in opera
- scortecciamento rende il legno più duraturo
- legno trattato con vernici protettive (impregnanti)
- legname di larice e castagno, o anche rovere e robinia
- abete rosso: solo nelle parti interrate

Legname

- si ricorre al legname perché esso ha funzione di **consolidamento temporaneo** in attesa che, con lo sviluppo, la vegetazione subentri a svolgere questo ruolo
- legnami più usati: **abete rosso, larice, douglasia**, di solito scortecciati



Legname

Durabilità del legname a contatto con terreno vegetale

Molto duraturo > 25 anni	Duraturo 15-25 anni	Mediamente duraturo 10-15 anni	Poco duraturo 5-10 anni	Non duraturo < 5 anni
<i>Tasso</i> (<i>Taxus baccata</i>)	<i>Robinia</i> (<i>Robinia pseudoacacia</i>)	<i>Larice</i> (<i>Larix decidua</i>)	<i>Abete rosso</i> (<i>Picea excelsa</i>)	<i>Salice</i> (<i>Salix spp.</i>)
	<i>Farnia</i> (<i>Quercus robur</i>)	<i>Pino</i> (<i>Pinus nigra o sylvestris</i>)	<i>Abete bianco</i> (<i>Abies alba</i>)	<i>Pioppo</i> (<i>Populus spp.</i>)
	<i>Castagno</i> (<i>Castanea sativa</i>)		<i>Frassino</i> (<i>Fraxinus spp.</i>)	<i>Faggio</i> (<i>Fagus sylvatica</i>)
			<i>Olmo</i> (<i>Ulmus spp.</i>)	<i>Acero montano</i> (<i>Acer pseudoplatanus</i>)
				<i>Ontano</i> (<i>Alnus spp.</i>)

Tensioni di rottura e ammissibili per legname di larice (MPa = N mm⁻²)

	Trazione parallela alle fibre	Compressione parallela alle fibre	Compressione perpend. alle fibre	Taglio perpend. alle fibre
Tensione di rottura	50 – 100	25 – 50	5 – 10	20 – 30
Tensione ammissibile	8.5	10	2	1

I materiali di riempimento

A – materiali strutturali (legname)

B – materiali di riempimento (pietrame, sassi)

C – materiali di assemblaggio (chiodi, tondini, graffe)

D – materiali vari

E – materiali vivi (vegetazione)

B. Pietrame, sassi e detriti

- raccolti sul posto
- conferisce all'opera capacità drenante oltre che stabilità – influisce molto sulla stabilità del manufatto
- in alcuni casi, si utilizza il materiale ottenuto dallo scavo



Materiali inerti di
riempimento



I materiali di assemblamento

A – materiali strutturali (legname)

B – materiali di riempimento (pietrame, sassi)

C – materiali di assemblaggio (chiodi, tondini, graffe)

D – materiali vari

E – materiali vivi (vegetazione)

C. materiali di assemblaggio

- lunghezza variabile in funzione del diametro del legname impiegato
- in genere, si usano chiodi da 25-35 cm
- chiodatura completata tramite uso di graffe di ferro (L = 30-35 cm)

Materiali di assemblamento



I materiali vari e di rivestimento

A – materiali di struttura (legname)

B – materiali di riempimento (pietrame, sassi)

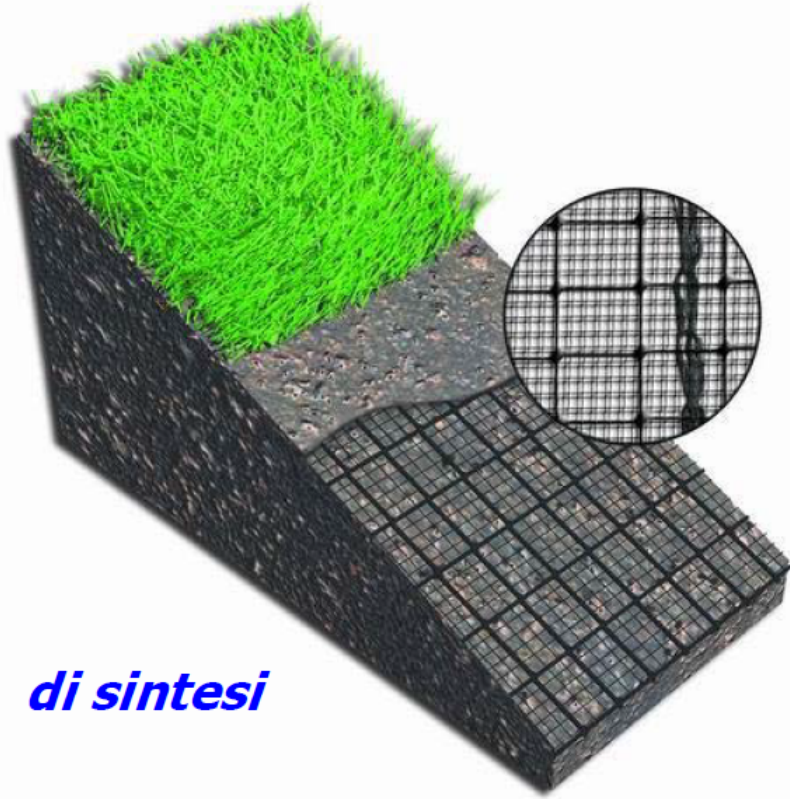
C – materiali di assemblaggio (chiodi, tondini, graffe)

D – materiali vari

E – materiali vivi (vegetazione)

D. materiali vari - *di sintesi o organici inerti*

- utilizzati per migliorare la stabilità e durata dell'opera
- vernici protettive
- funi metalliche utilizzate per ancorare parti strutturali a punti solidi
- geotessuti con funzioni di contenimento dei materiali e drenaggio



di sintesi

Materiali vari

organici inerti



Biostuoie, reti, griglie – naturali e sintetiche

Finalità:

- consolidamento versanti franosi
- consolidamento sponde, argini, rive
- consolidamento piste da sci
- recupero ex cave
- consolidamento rilevati artificiali
- costruzione barriere antirumore
- in materiale naturale, o sintetico, o misto

Vantaggi:

- riduzione erosione superficiale durante delicato periodo post-intervento
- utili in zone con avversità ambientali
- protezione strati superficiali del suolo contro smottamenti – inglobano particelle di terreno
- capacità di distribuzione dei carichi e degli sforzi di trazione su ampie superfici
- maggiore possibilità di inerbimento della superficie
- supporto per specie vegetali pioniere, prima che si sviluppino
- su pendii ad elevata pendenza
- formazione “effetto serra” – bene per germinazione
- reti di origine naturale: incremento fertilità suolo in seguito a loro decomposizione (biodegradabili in 1-6 anni)
- reti sintetiche: più resistenti – mantenere caratteristiche tecniche nel tempo

DEFINIZIONE

sono costituite da fibre naturali (paglia, cocco, sisal*, etc.) in genere contenute tra reti di materiale sintetico (polipropilene o poliammide) o naturale (juta).

FUNZIONI

rivestimento superficiale temporaneo di protezione dall'erosione durante la crescita di vegetazione

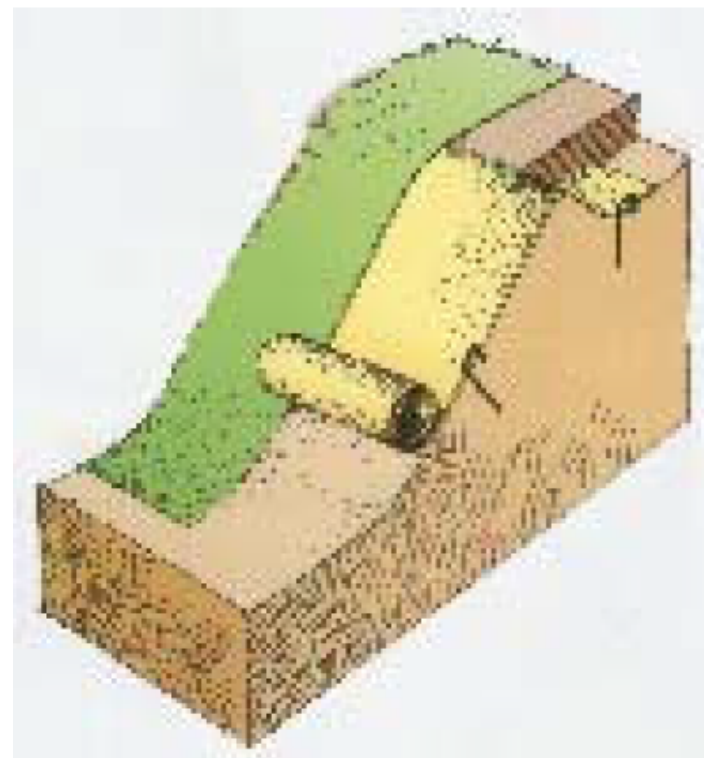


(*sisal = fibra di Agave sisalana),

Biotessili naturali: Biostuoie e Bioreti

- queste categorie di materiali, che presentano la caratteristica di essere biodegradabili, in genere vengono individuati come "biotessili"
- appartengono ad una serie di prodotti realizzati con vari tipi di materiali che hanno il compito di svolgere la funzione di protezione d'erosione di terreni con una buona presenza della componente vegetale
- **durata limitata nel tempo avendo questi prodotti il compito di favorire la crescita della vegetazione, da seminare in genere al disotto e prima della posa del materiale di rivestimento**
- protezione del terreno dall'impatto con le gocce d'acqua ed inoltre consentire l'instaurarsi di un microclima per delle condizioni più favorevoli all'impianto della vegetazione

- **Biostuoie:** materassini biodegradabili costituiti da frustoli di paglia o cocco, trattenuti mediante una reticella fotossidabile su un lato e da un foglio di cellulosa sull'altro
- funzione di favorire l'attecchimento della vegetazione su scarpate in terra, trattenendo l'umidità, proteggendo i semi dall'azione battente della pioggia e creando un microclima ideale per lo sviluppo delle piante



Geosintetici

Prodotto a struttura piana composto di materiale base di natura polimerica utilizzato con terreno, materiali lapidei, terreni naturali come parte integrante di una struttura o di un sistema realizzato dall'uomo.

I materiali utilizzati per la produzione dei geosintetici sono quasi interamente provenienti dall'industria dei polimeri sebbene gomme, fibre di vetro ed altri prodotti naturali siano talvolta utilizzati.

Geotessili (GT)

Biotessili (BT)

Biostuoie (BA)

Geogriglie (GG)

Georeti (GN)

Geostuoie (GA)

Geocompositi per drenaggio (GCD)

Geocelle (GL)

Geocompositi bentonitici (GCL)

Geomembrane sintetiche (GMS)

Geomembrane bituminose (GMB)

Geosintetici NON tessuti

Strutture piane composte da fibre sintetiche disposte casualmente e “coesionate” mediante processi meccanici, termici o chimici o dalla combinazione di più tecniche di assemblaggio.

I processi di assemblaggio più comuni sono di:

- ✓ *agugliatura meccanica*
- ✓ *termosaldatura*

In relazione alla lunghezza delle fibre, i geotessili non-tessuti si distinguono in:

- ✓ *a filamento continuo*
- ✓ *a filamento non continuo (fibra lunga (fiocco) e fibra corta*

Geosintetici tessuti

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.

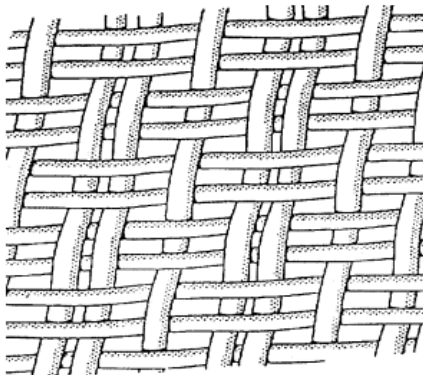
In relazione alla dimensione della fibra possono essere T. a:

- ✓ *monofilamento*
- ✓ *Bandellette (nastri appiattiti)*

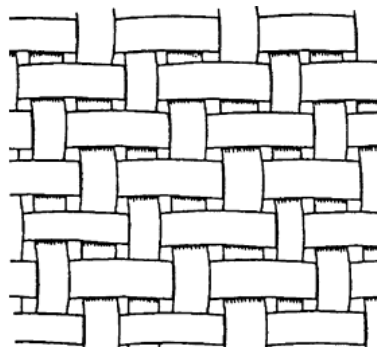
In relazione al telaio utilizzato si distinguono in T. a:

- ✓ *trama e ordito (woven) (GTV)*
- ✓ *maglia a catenella (warp knitted) (GTK)*

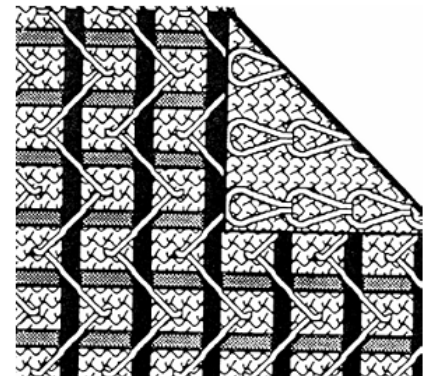
monofilamento



bandellette tessute



GTK

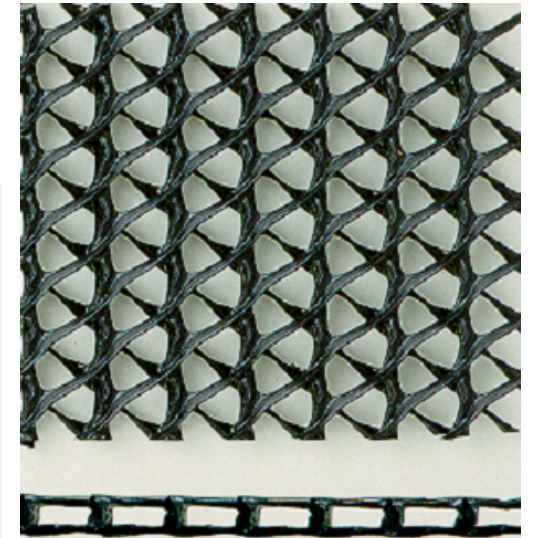
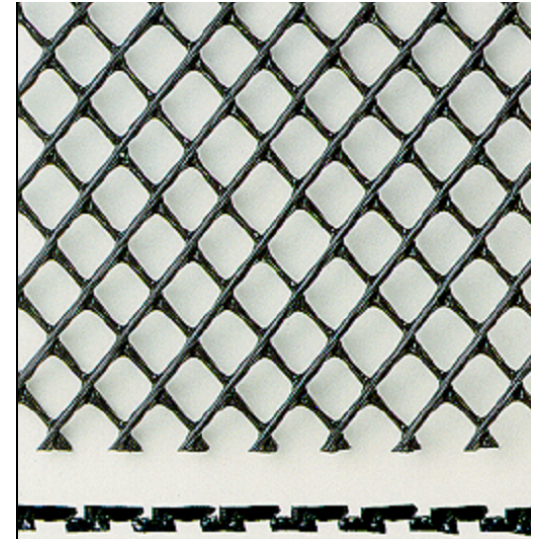


DEFINIZIONE

Sono strutture a maglia costituite da due serie sovrapposte di fili (di Spessore compreso tra 3 e 10 mm) che si incrociano con angolo costante (tra 60° e 90°), in modo da formare aperture regolari costanti (tra 10 e 60 mm di ampiezza). Vengono prodotte per estrusione di polimeri termoplastici (polietilene ad alta densità o polipropilene) e la saldatura delle due serie di fili viene realizzata per parziale compenetrazione nei punti di contatto.

FUNZIONI

Se applicate congiuntamente a geotessili come filtri e/o Geomembrane come elementi di tenuta possono assolvere la funzione di drenaggio. Da sole svolgono una funzione di protezione meccanica.



I materiali vivi

A – materiali strutturali (legname)

B – materiali di riempimento (pietrame, sassi)

C – materiali di assemblaggio (chiodi, tondini, graffe)

D – materiali vari

E – materiali vivi (vegetazione)

E. materiali vivi

- talee e astoni, piante radicate a radice nuda e in vaso



Materiali vivi

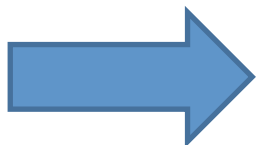


Uso della vegetazione

- nel recupero di un habitat alterato è importante capire ciò che la **natura** edifica in modo **autonomo**
- nelle opere di ricostruzione di ambienti degradati punto di partenza è la conoscenza della **flora territoriale**
- **non esistono specie ubiquitarie** adatte ad ogni ambiente – interventi mirati con utilizzo di vegetazione tipica della stazione in esame

Le piante vengono viste oggi con molto interesse rispetto al passato, in quanto offrono la possibilità di ricostruire ambienti prossimi alla naturalità pur rimanendo in linea con i principi della pianificazione

La componente vegetale riesce ad abbinare le funzioni tecniche ed estetiche



Attitudine biotecnica delle piante

Effetti della vegetazione sui movimenti franosi

POSITIVI

1. rafforzamento mediante apparati radicali
2. modificazione condizioni idriche del suolo: evapotraspirazione e intercettazione da parte delle chiome
3. incremento coesione del terreno attraverso rilascio di s.o. - lettiera
4. azione “contrafforte” di sostegno: fusti ben ancorati agiscono da contrafforti
 - > coesione particelle del terreno
 - > resistenza di attrito
 - < pressione idrostatica nei pori
 - < peso del terreno
 - > resistenza al taglio

NEGATIVI

1. sovraccarico: azione contrastante su stabilità pendio
2. azione di cuneo delle radici
3. resistenza al vento: azione di leva sul terreno

**FENOMENI EROSIVI E
DI DEGRADO DEI SUOLI**



Effetti della vegetazione sui movimenti franosi

stabilità al terreno

azione antierosiva superficiale



Effetti della vegetazione sui movimenti franosi



trattenimento suolo – azione radicale

Effetti della vegetazione sui movimenti franosi



- intercettazione acqua meteorica
- rallentamento ruscellamento
- infiltrazione - > permeabilità

Effetti della vegetazione sui movimenti franosi

**rafforzamento mediante
apparati radicali**



Criteri di intervento con vegetali

- scelta delle specie (effetto consolidante, adattabilità al suolo, frugalità, condizioni ambientali della stazione)
- conoscenza delle specie vegetali del territorio fondamentale per corretta pianificazione degli interventi
- ricostruire la coltre vegetale circostante, che dovrà avvicinarsi a una delle cenosi tipiche del territorio in cui si opera – equilibrio con le condizioni climatiche ed edafiche della stazione
- conoscenza stadio evolutivo della vegetazione in un dato ambiente – riconoscimento specie più adatte ad essere utilizzate, compatibili con l'ambiente

1. un ecosistema risulta tanto più stabile quanto maggiore è il numero di specie presenti
2. conoscenza di diverse specie vegetali – corretta scelta per buon esito dell'intervento
3. analizzare perciò vari fattori della stazione:
 - ✓ clima (regime termo-pluviometrico)
 - ✓ suolo (profondità, granulometria, ecc.)
 - ✓ orografia (altitudine, esposizione, pendenza, ecc.)
 - ✓ caratteristiche biotecniche delle piante (resistenza a sollecitazioni, a erosione e inghiaimento, miglioramento terreno, ecc.)
 - ✓ caratteristiche fisiologiche delle piante (capacità di propagazione e moltiplicazione, velocità di crescita, rusticità ed adattabilità)
 - ✓ grado di inserimento ecologico (preferire piante autoctone)
 - ✓ grado di inserimento estetico-paesaggistico
 - ✓ evoluzione spazio-temporale dell'ecosistema (associazioni e successioni)

Attitudine biotecnica delle piante

idoneità delle piante ad un loro impiego pratico nell'eseguire lavori di Ingegneria Naturalistica, soprattutto in relazione alla capacità di radicare

A - Caratteristiche tecniche

- buona resistenza alle sollecitazioni meccaniche
- apparati radicali ben resistenti alla trazione
- capacità di svolgere un effetto consolidante sul terreno

B – Caratteristiche biologiche

- buona attitudine alla riproduzione vegetativa (es: talea)
- capacità di attecchire su suoli sterili
- capacità di adattamento all'ambiente
- capacità di emettere radici avventizie
- resistenza all'inghiaimento
- resistenza alla sommersione degli apparati radicali

Requisiti delle specie vegetali

- riproduzione vegetativa privilegiata (es. salici, pioppi)
- pronto attecchimento delle talee (es. salici)
- rapido accrescimento delle radici e della parte aerea (es. salici, pioppi, ontani)
- elevata produzione di lettiera (in genere tutte le latifoglie)
- capacità di migliorare fertilità del suolo (leguminose, ontani)
- specie erbacee utilizzate devono essere poliennali – colonizzazione stabile e duratura

Caratteristiche dei materiali vegetali (vivi)

capacità di rinnovarsi rapidamente, rendendo il terreno più stabile

1. SEMENTI
2. SEMENZALI E TRAPIANTI DI SPECIE ARBUSTIVE O ARBOREE
3. TALEE DI SPECIE ARBUSTIVE O ARBOREE
4. RIZOMI E RADICI
5. PIOTE ERBOSE (ZOLLE)

1. semina di miscugli di specie graminoidi e leguminose
2. piantine inserite lungo i pendii
3. generare nuovo individuo da parte di pianta madre; diverse forme:
 - culmo: stelo di graminacea
 - talea piccola: fusto legnoso di 20-50 cm e $D < 1-2$ cm
 - talea grossa: fusto legnoso di 50-100 cm e $D = 2-4$ cm
 - astone: fusto legnoso di 1-3 m e $D = 4-15$ cm
 - ramaglia: rami dai quali non vengono eliminati i rami secondari
4. porzioni di organi sotterranei di riserva
5. insieme compatto di radici e fusti erbacei, naturale o prodotto in vivaio; spessore di 1-5 cm

Esempi di specie arboree da impiegare nell' I.N.

suoli ghiaiosi dell'alta pianura veneto-friulana

Salix eleagnos

Epilobium dodonaei

suoli argillosi dell'area prealpina orientale

Alnus glutinosa

Robinia pseudoacacia

Ulmus minor

Acer campestre

versanti montani, con matrice calcarea

Fraxinus ornus

Cornus mas

Ligustrum vulgare

Salix eleagnos



Angiosperme arboree impiegate nell' I.N.

Fam. Salicaceae

Gen. Salix

- Salix alba
- Salix eleagnos
- Salix purpurea
- Salix daphnoides
- Salix pentandra
- Salix triandra
- Salix cinerea
- Salix caprea
- Salix hastata
- Salix hegetschweileri
- Salix mielichhoferi

Gen. Populus

- Populus alba
- Populus nigra
- Populus tremula

Fam. Betulaceae

Gen. Betula

- Betula pendula
- Betula pubescens

Gen. Alnus

- Alnus glutinosa
- Alnus incana
- Alnus viridis

Gen. Carpinus

- Carpinus betulus

Gen. Corylus

- Corylus avellana

Fam. Ulmaceae

Gen. Ulmus

- Ulmus minor
- Ulmus glabra

Gen. Celtis

- Celtis australis

Fam. Rosaceae

Gen. Prunus

- Prunus avium
- Prunus spinosa
- Prunus padus

Gen. Sorbus

- Sorbus aucuparia
- Sorbus torminalis

Gen. Rosa

- Rosa canina

Gen. Rubus

- Rubus caesius

Fam. Fagaceae

Gen. Castanea

- Castanea sativa

Gen. Quercus

- Quercus pubescens
- Quercus robur
- Quercus ilex

Angiosperme arboree impiegate nell' I.N.

Fam. Fabaceae

Gen. Laburnum

- Laburnum anagyroides
- Laburnum alpinum

Fam. Aceraceae

Gen. Acer

- Acer campestre
- Acer platanoides
- Acer pseudoplatanus

Fam. Oleaceae

Gen. Fraxinus

- Fraxinus excelsior
- Fraxinus ornus

Altri arbusti

- Berberis vulgaris (Berberidaceae)
- Cornus sanguinea (Cornaceae)
- Crataegus momogyna (Rosaceae)
- Frangula alnus (Rhamnaceae)
- Hippophae rhamnoides (Elaeagnaceae)
- Ligustrum vulgare (Oleaceae)
- Sambucus nigra (Sambucaceae)
- Viburnum lantana (Caprifoliaceae)
- Cornus mas (Cornaceae)
- Elaeagnus angustifolia (Elaeagnaceae)
- Spartium junceum (Fabaceae)

Gimnosperme arboree impiegate nell' I.N.

- *Larix decidua*
- *Pinus sylvestris*
- *Pinus mugo*



Ruolo della vegetazione nel consolidamento dei versanti

- Aumenta l'infiltrazione → diminuisce il deflusso superficiale
- L'erosione del suolo viene drasticamente ridotta
- La traspirazione fa diminuire il contenuto idrico del terreno → aumenta l'attrito interno delle particelle e diminuisce la risultante delle spinte a causa della riduzione del peso
- Aumenta la stabilità del versante
- Gli apparati radicali esercitano una azione di sostegno e fissazione del terreno

È quindi buona norma:

- Favorire l'innesto di piante che radicano in profondità alternate a specie con apparati radicali superficiali → terreno attraversato dalle radici in modo omogeneo
- Tener conto della diversa resistenza delle radici, in funzione della specie
 - specie che formano stoloni: scarsa resistenza a trazione
 - specie con apparato radicale profondo: resistenza a trazione superiore
 - arbusti e alberi: resistenza a trazione fino a 5500 N

Alcuni valori indicativi di ETP annua

tipo	mm	% della pioggia tipica
Praterie alpine	50	5
Vegetazione steppica	200	30
Prati ad avena maggiore	320	37
Coltivazioni erbacee	400	50
Colture di cereali	400	50
Prati umidi	1160	135
Fragmiteti	1300-1600	160-190
Boschi di conifere	580	46
Boschi misti	500-860	50-54
Foreste tropicali	1570	80

Pino silvestre	120-690	
Abete rosso	380-570	
Larice	460-590	
Faggio	500-550	
Querce	550-650	

Rapporto tra volume dell'apparato radicale e parte aerea

Alberi e arbusti

Salix glabra	2.4
Salix eleagnos	1.8
Alnus viridis	1.6
Salix purpurea	1.5
Fraxinus excelsior	1.5
Acer pseudoplatanus	1.1
Salix alba	0.5

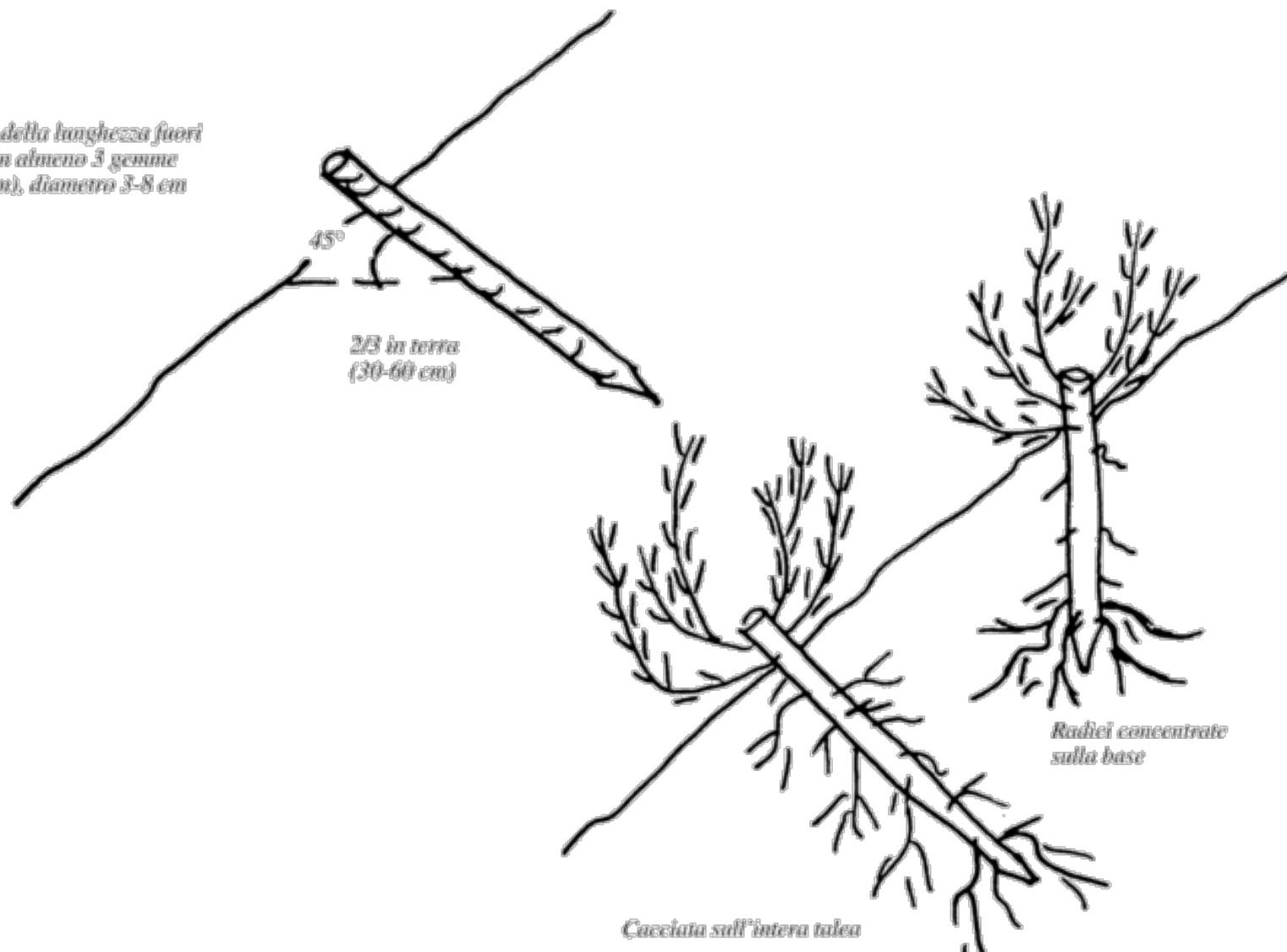
Piante erbacee

Equisetum arvense	5.5
Deschampsia cespitosa	1.6
Festuca ovina	1.1
Anthyllis vulneraria	0.8
Achillea millefolium	0.7
Lotus corniculatus	0.7

Oltre allo sviluppo relativo della parte ipogea va considerata la resistenza al taglio degli apparati radicali

Esempio da manuale: Talee

Max 1/4 della lunghezza fuori terra, con almeno 3 gemme (ca 10 cm), diametro 3-8 cm



Talee

Descrizione dell'intervento

□ Si infigge in terra un pezzo di ramo vivo di salice, in modo che possa riprodurre una nuova pianta di salice. Con un ferro appuntito si praticano sulla scarpata 1-3 fori per m², inclinati di 45°. Nei fori si infiggono poi le talee di salice, dopo averne tagliato obliquamente le estremità inferiori; quindi si costipa col piede la terra tutt'attorno. Le gemme devono essere orientate verso l'alto, perché altrimenti i polloni tendono a spezzarsi sul punto di cacciata. Le talee, del diametro di un polso, vanno lasciate sporgere dal terreno di soli 10 cm (o tre gemme). Tra le talee vanno messi a dimora arbusti o alberi conformi alla stazione.

Materiali

□ Getti non ramificati di uno o più anni, di diametro 3-10 cm e lunghezza 30-60 cm (a seconda della profondità di inserimento). Il materiale dissecca tanto meno quanto maggiore è il suo spessore. Sono adatte tutte le specie di salice, tranne *Salix caprea*. Altre piante legnose attecchiscono solo sporadicamente.

Periodo di intervento

□ Solo durante il riposo vegetativo.

Effetti

□ Rapida propagazione dei cespugli e copertura del suolo sulle scarpate, rapida formazione di materiale umico; è la tecnica più semplice per la colonizzazione pioniera di superfici che si convertono poi a bosco più evoluto. Il consolidamento del terreno si ha appena dopo la formazione dell'apparato radicale. Effetto drenante per la forte capacità di assorbimento idrico del salice.

Vantaggi

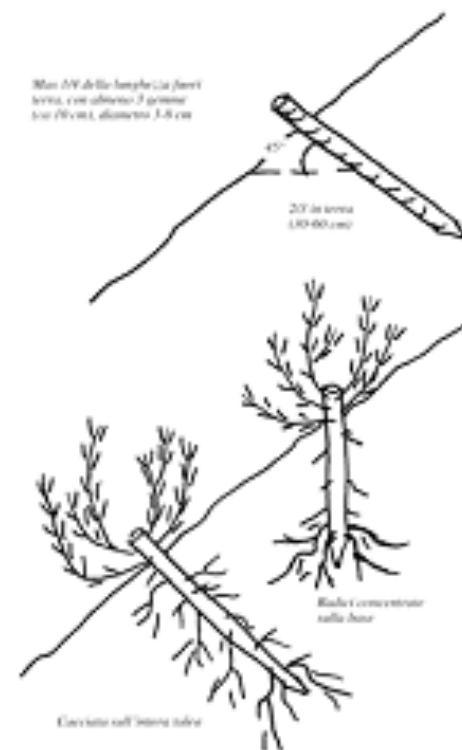
□ Rivegetazione puntuale, semplice ed economica con specie pioniere, che dopo lo sviluppo forniscono copertura areale.

Svantaggi

□ La stabilità delle scarpate e il consolidamento delle superfici sono inizialmente ridotti, e anche in seguito limitati alla profondità di radicamento delle talee.

Campi di impiego

□ Rivegetazione con specie pioniere di sponde e scarpate in terra, rinaturazione economica di versanti umidi; rapida, efficace e duratura prevenzione dell'erosione eolica; rapido ed esteso ombreggiamento delle superfici.



Un intervento di I.N. può considerarsi riuscito quando si verificano le condizioni:

- la copertura vegetale (erbacea, arbustiva e arborea) è prossima alla totalità e si afferma una associazione stabile
- il substrato inizialmente sterile si trasforma in terreno vegetale
- i fattori che generano l'instabilità del versante sono neutralizzati