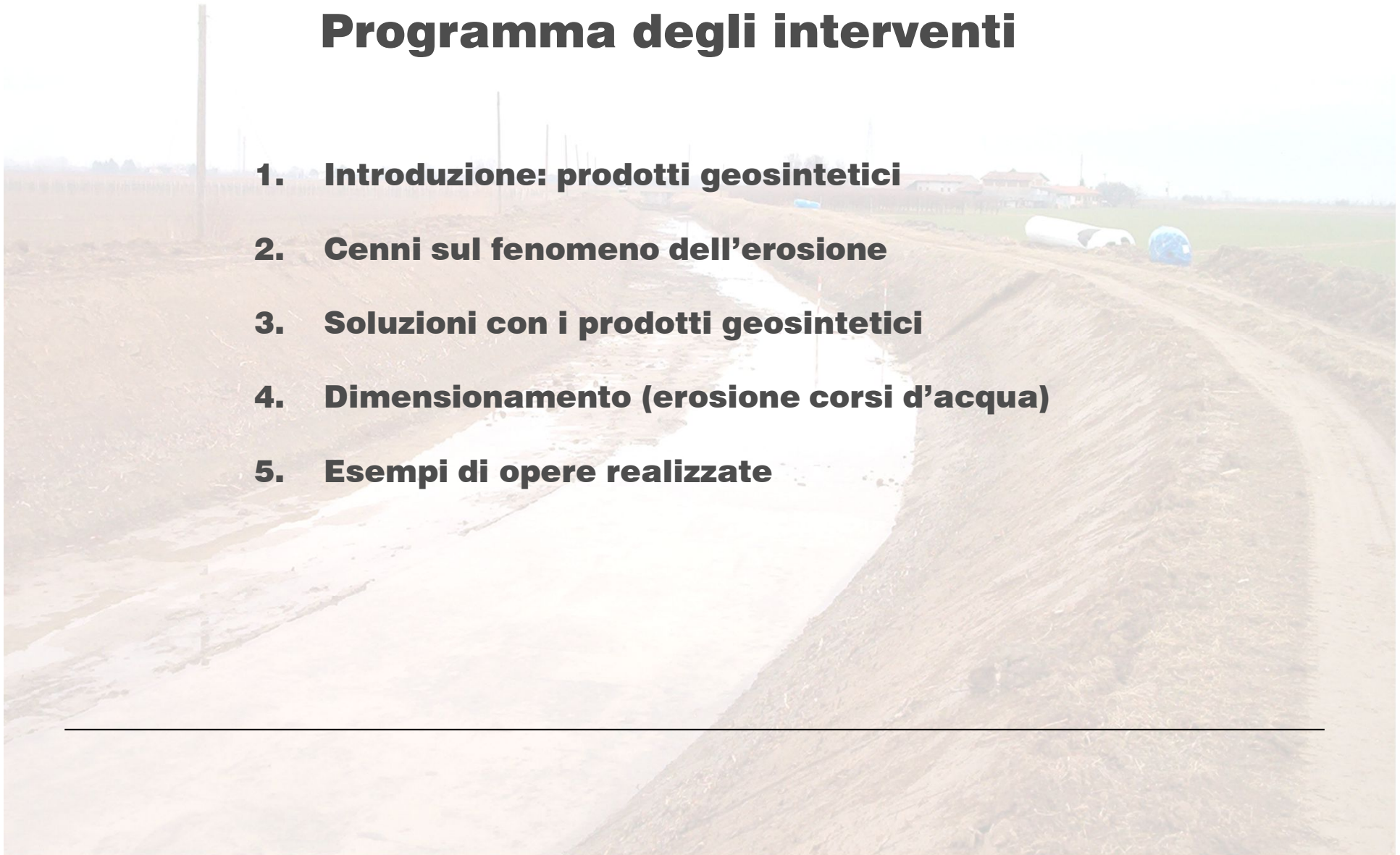




I prodotti geosintetici per il controllo dell'erosione

Programma degli interventi

- 1. Introduzione: prodotti geosintetici**
 - 2. Cenni sul fenomeno dell'erosione**
 - 3. Soluzioni con i prodotti geosintetici**
 - 4. Dimensionamento (erosione corsi d'acqua)**
 - 5. Esempi di opere realizzate**
-



Cosa si intende per «prodotti geosintetici»?

Materiali composti da polimeri (PET, PP, PE, etc...), lavorati e prodotti nelle industrie e utilizzati per la realizzazione di opere nell'ingegneria civile (edilizia, opere idrauliche, trasporti) e ambientale (discariche)

Materiali forniti in cantiere in strutture «piane», di solito in rotoli

Materiali che, di solito, non richiedono manodopera specializzata per la posa

Materiali nati con l'idea di realizzare opere compatibili con l'ambiente e con un risparmio di costi rispetto le soluzioni tradizionali

Ministero dell'ambiente e del territorio: ingegneria naturalistica

Prezzari opere pubbliche, ANAS, etc...

Funzioni e campi di applicazione

Drenaggio delle acque: in edilizia, a tergo di muri di sostegno, in discarica, trincee drenanti

GEOCOMPOSITI DRENANTI



Funzioni e campi di applicazione

Rinforzo dei terreni: muri di sostegno (terre rinforzate), rinforzo dei terreni a bassa portanza, rinforzo sotto rilevati stradali/ferroviari, rinforzo conglomerato bituminoso

GEOGRIGLIE



GEOTESSILI TESSUTI



Funzioni e campi di applicazione

Filtrazione e separazione nei terreni, protezione meccanica: trincee drenanti di tipo tradizionale, strati anticontaminanti nelle opere stradali, protezione meccanica di geomembrane

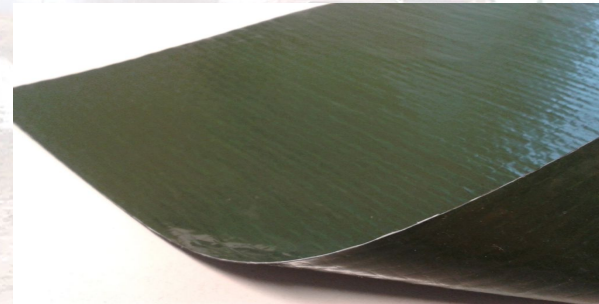
NON TESSUTI



Funzioni e campi di applicazione

Impermeabilizzazione: barriere impermeabili all'acqua nell'edilizia e nella realizzazione di bacini idrici o di discariche

GEOMEMBRANE



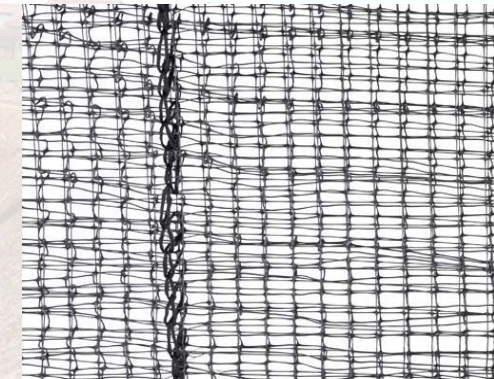
GEOCOMPOSITI BENTONITICI



Funzioni e campi di applicazione

Controllo dell'erosione: controllo dell'erosione su pendii naturali, artificiali (rilevati stradali e ferroviari) e su sponde di corsi d'acqua

GEOSTUOIE, GEORETI



BIOSTUOIE, BIOFELTRI, BIORETI



Il fenomeno dell'erosione

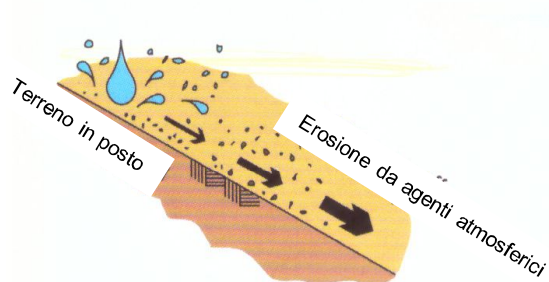


Fig.1: Processo di erosione

Particelle spostate da fonti energetiche esterne, ad esempio precipitazioni!

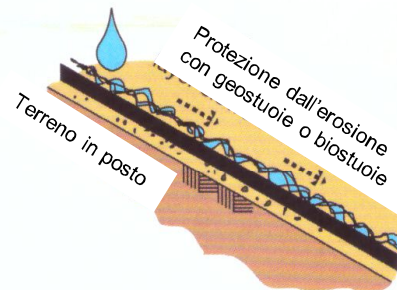


Fig. 2: Protezione contro l'erosione

Energia assorbita dallo strato di controllo dell'erosione



Fig. 3: Protezione della vegetazione

Erbe e piante assorbono l'impatto

Soluzioni di tipo «flessibile»

Controllo dell'erosione

+

Rinverdimento delle sponde

I dissesti di tipo «superficiale», se sottovalutati, possono dare origine a fenomeni più estesi e complessi





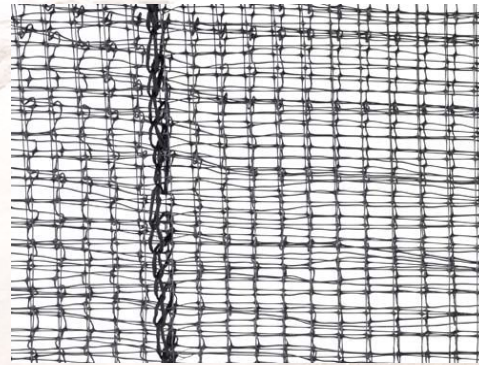
Soluzioni

Geostuoie, georeti

Biostuoie, biofeltri, bioreti

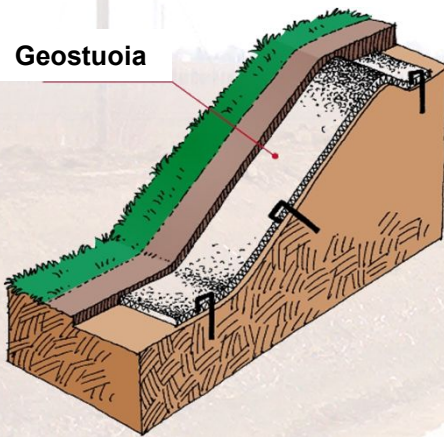
CONDIZIONE:

le scarpate devono essere stabili !!

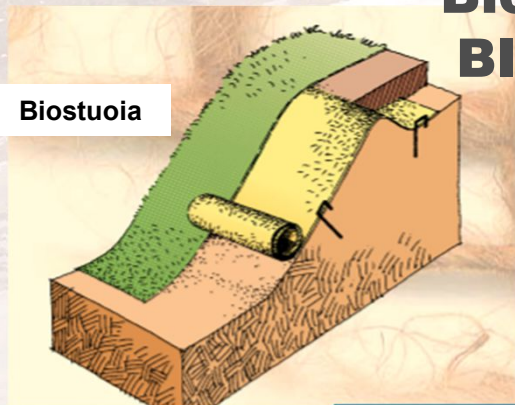


Campi di Applicazione

Controllo dell'erosione su scarpate asciutte



**Geostuoie
SINTETICHE**

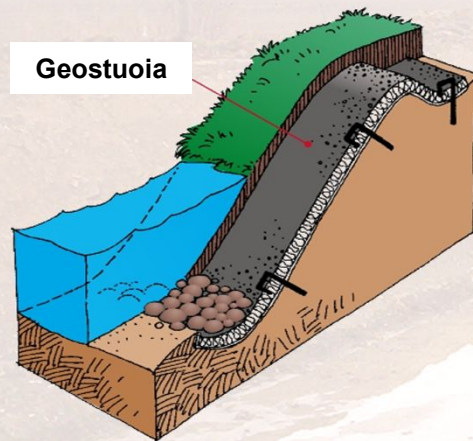


**Biostuoie o bioreti
BIODEGRADABILI**



Campi di Applicazione

Controllo dell'erosione su sponde di corsi d'acqua



**Geostuoie
SINTETICHE**

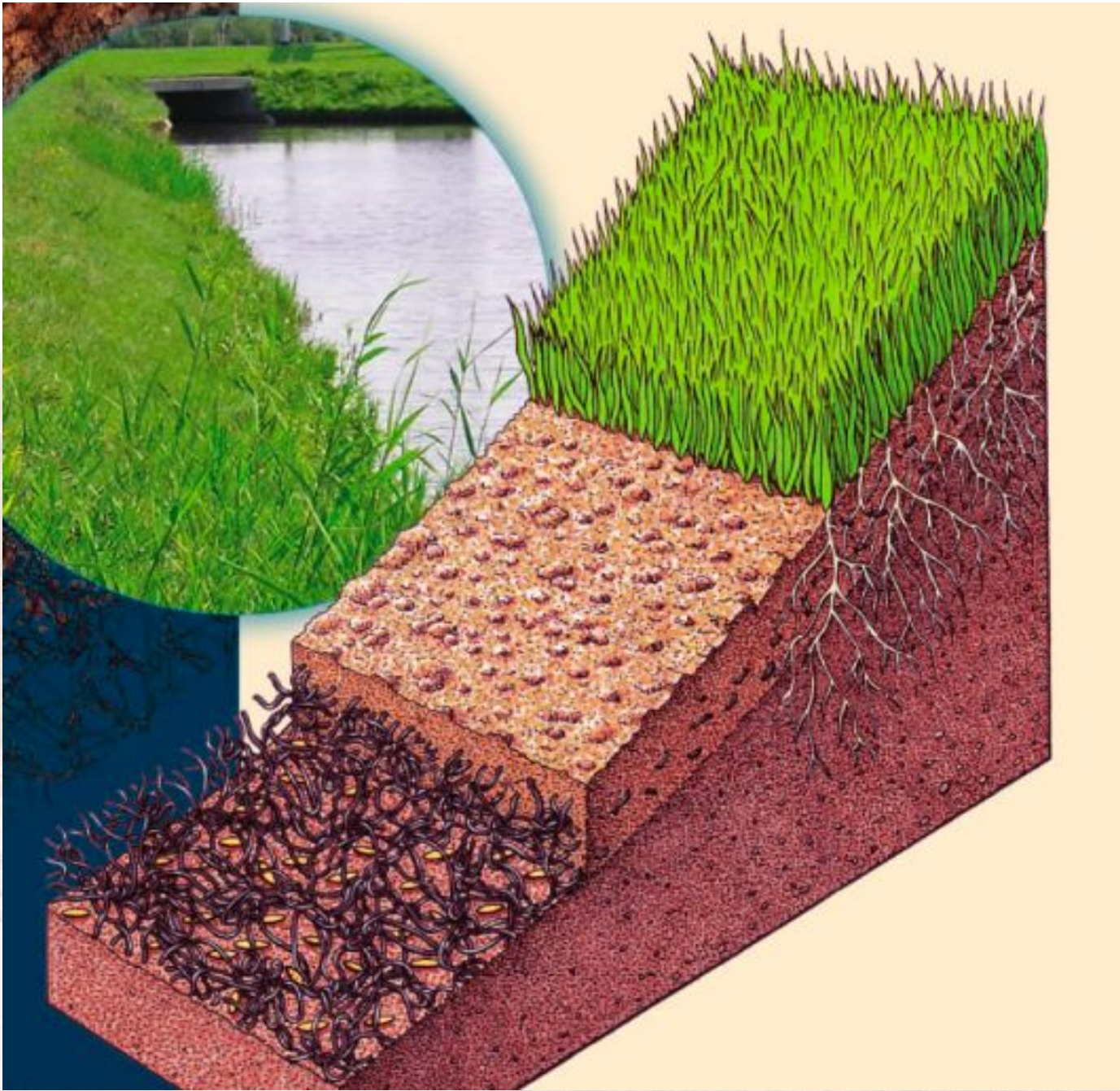


**+ eventuali altre tecnologie (blocchi in cls, elementi
scatolari metallici, scogliere, etc...)**



**Interventi
di controllo
dell'erosione su
scarpate asciutte**

**GEOSTUOIE
SINTETICHE
BIOSTUOIE o
BIORETI**



Soluzione IMMEDIATA e PERMANENTE

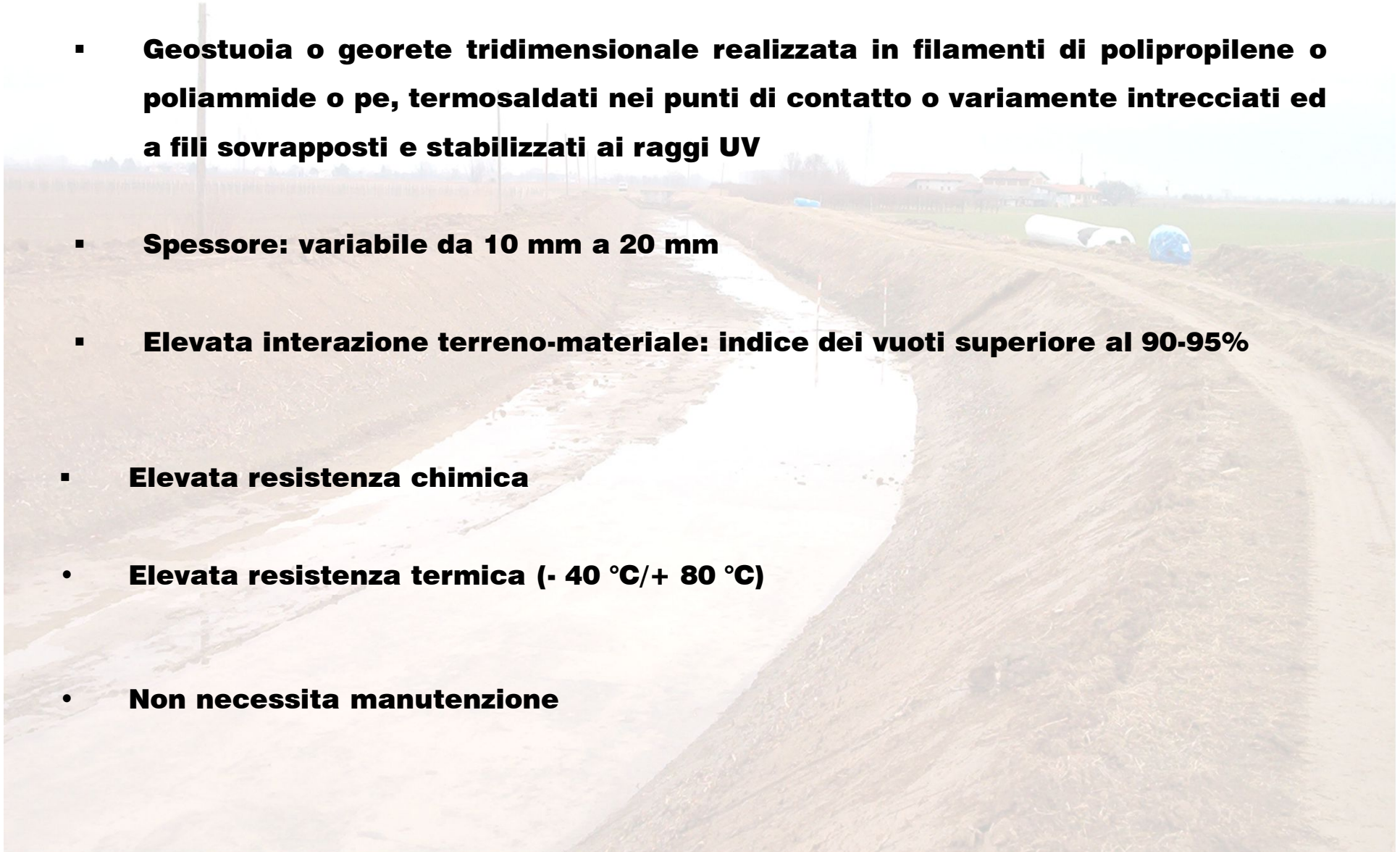


A BREVE TERMINE: favorisce l'attecchimento della vegetazione impedendo l'asportazione del terreno e della semina in fase di germinazione

A LUNGO TERMINE: agisce come rinforzo permanente dell'apparato radicale

Descrizione

- **Geostuoia o georete tridimensionale realizzata in filamenti di polipropilene o poliammide o pe, termosaldati nei punti di contatto o variamente intrecciati ed a fili sovrapposti e stabilizzati ai raggi UV**
- **Spessore: variabile da 10 mm a 20 mm**
- **Elevata interazione terreno-materiale: indice dei vuoti superiore al 90-95%**
- **Elevata resistenza chimica**
- **Elevata resistenza termica (- 40 °C/+ 80 °C)**
- **Non necessita manutenzione**



Scarpate asciutte

Scelta del modello da prescrivere a progetto

Formula RUSLE: Revised Universal Soil Loss Equation
(concetto della “perdita di terreno”)

$$A = R * K * L * S * C * P$$

dove:

- A = perdita di terreno media stimata (Mg/ha/anno)**
- R = fattore di erosività delle precipitazioni ((MJ mm)/(ha h anno))**
- K = fattore di erodibilità del terreno (ton ha h/ha MJ mm)**
- L = fattore di lunghezza del pendio**
- S = fattore di pendenza del pendio**
- C = fattore di gestione della copertura**
- P = fattore di pratiche di supporto**

I prodotti geosintetici sono considerati nel fattore C

Attività recenti per determinare le prestazioni dei geosintetici per la protezione dall'erosione:

Metodo di prova ASTM D 6459 in scala reale

Metodo di prova EN/TS 17445 prova di laboratorio

Misurazione della quantità di terreno eroso mediante simulazione di pioggia (intensità, diametro gocce, energia cinetica, etc...)

Scarpate asciutte

Scelta del modello da prescrivere a progetto

C = 1 per terreni non protetti, incolti

Tab. 1 - Tabella 1. Valori tipici del fattore C per geosintetici sia polimerici che degradabili.

Geosintetico	Fattore C
Geostuoia 8 mm di spessore	0,0025
Geostuoia 9 mm di spessore	0,0020
Geostuoia 12 mm di spessore	0,0016
Geostuoia spessore 18 mm	0,0011
Stuoie di paglia, rete unica	0,0200
Stuoie di paglia, doppia rete	0,0100
Stuoia di cocco, leggera	0,0100
Stuoia di cocco, pesante	0,0050
Rete di iuta, leggera	0,0100
Rete di iuta, pesante	0,0050

Fonte: Brusa/Rimoldi - Le prestazioni dei geosintetici per il controllo dell'erosione su pendii e sponde di corsi d'acqua, XXX Convegno Nazionale Geosintetici, Bologna 2020

Scarpate asciutte

Scelta del modello da prescrivere a progetto

Pendenza scarpata
(v:h)

“fattore pendenza”

1 : 3 o minore

1

Geostuoia 10 mm

1 : 2,5

2

1 : 2

3

1 : 1,5

4

Geostuoia 20 mm

1 : 1 o superiore

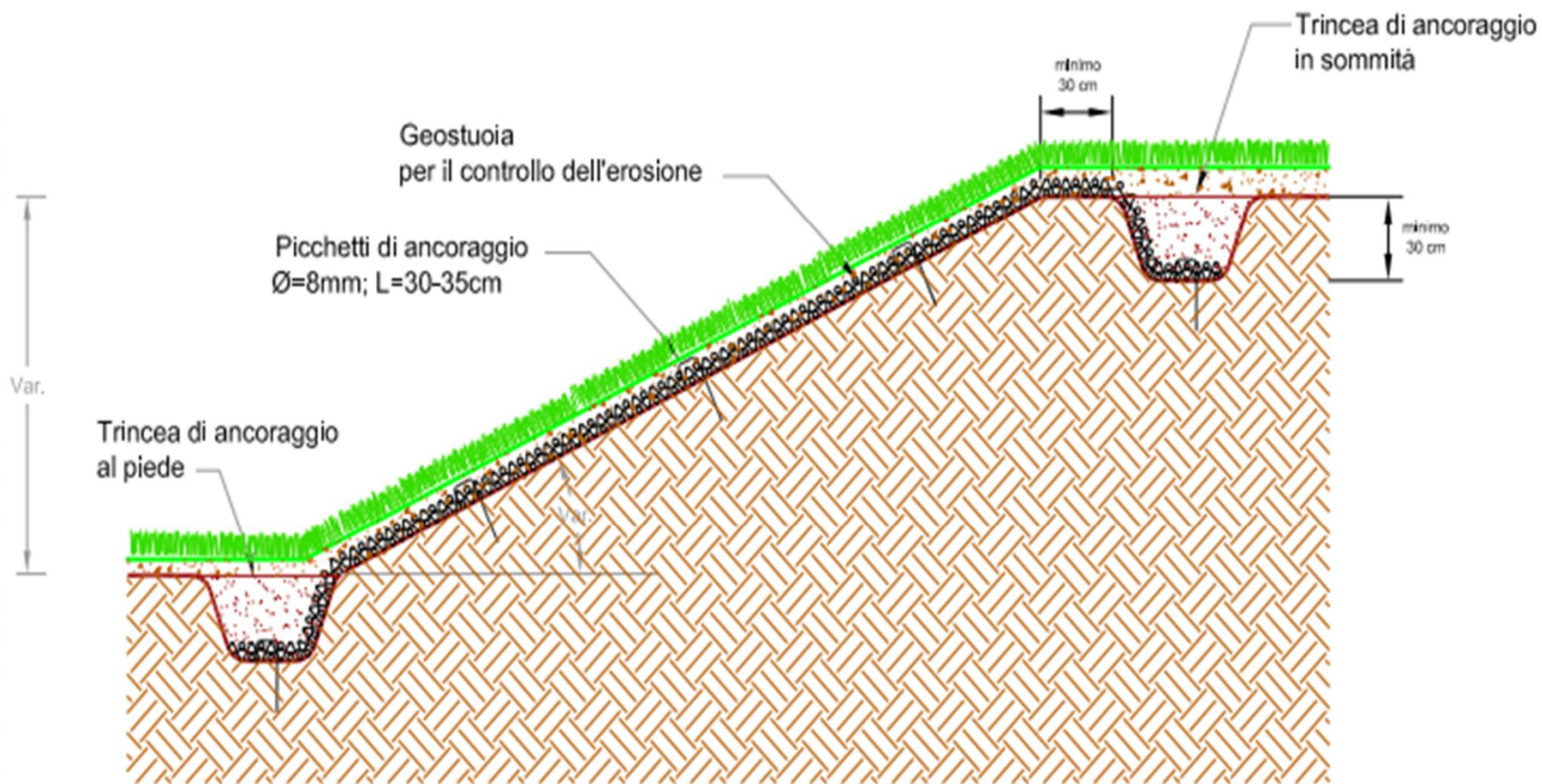
5

Inclinazione scarpata 27° circa

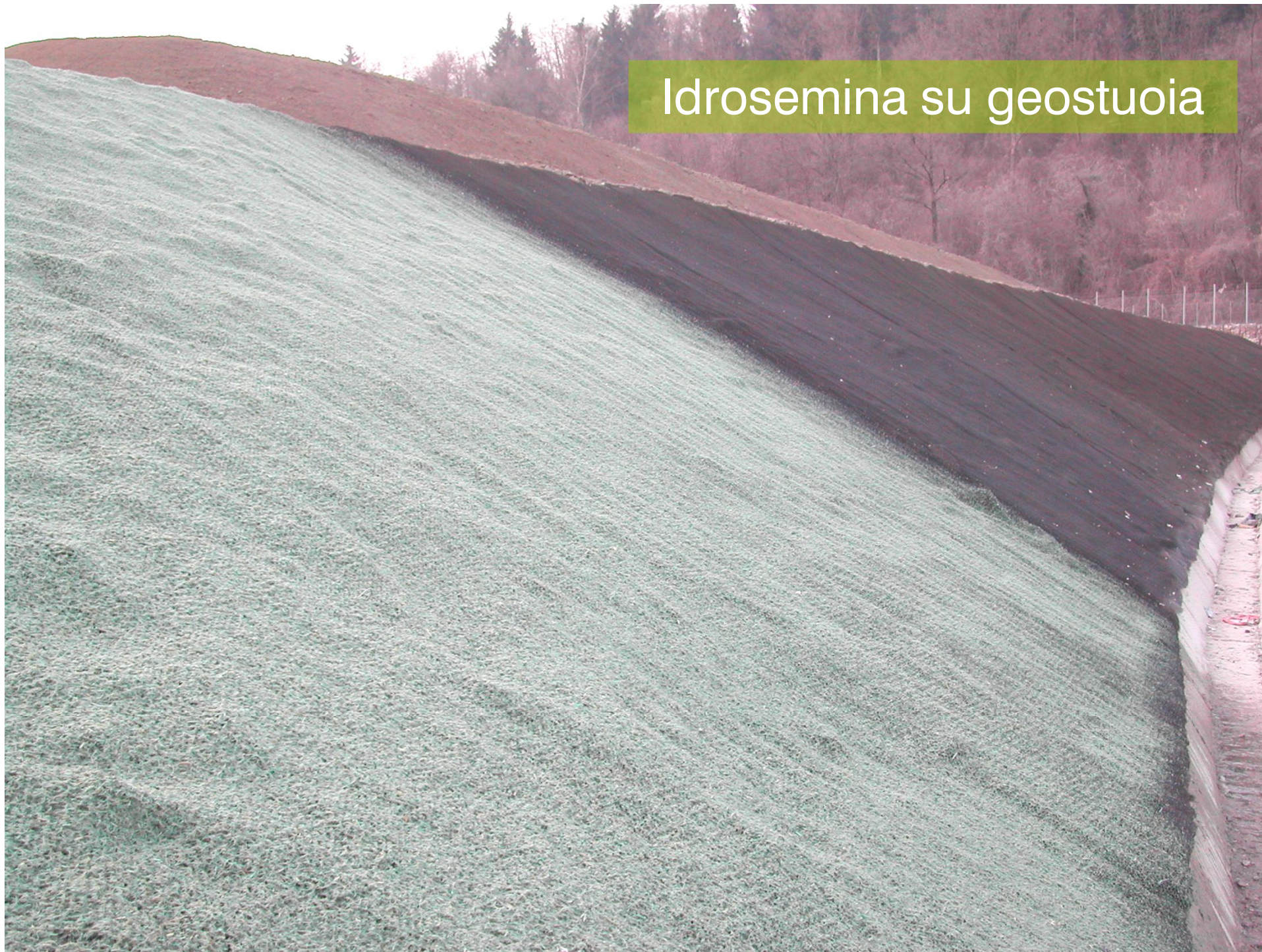
**Es. tipologia di intervento: rilevati
stradali con pendenza 32-33° ca.**

Sezione tipo e posa in opera

Controllo dell'erosione su scarpate asciutte



Idrosemina su geostuoia

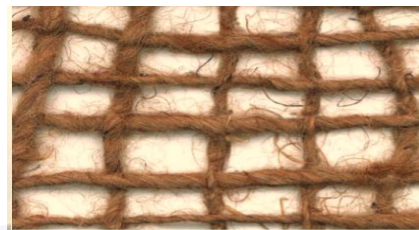




Descrizione



**Biostuoia in
paglia**



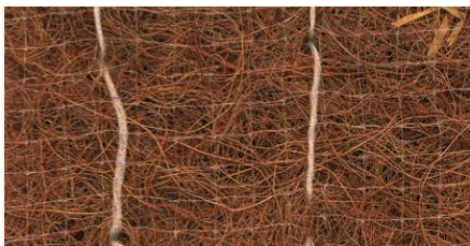
Biorete in juta



**Biostuoia in
paglia/cocco**



**Biorete in
cocco**



Biostuoia in cocco





**Interventi
di controllo
dell'erosione su
sponde di corsi
d'acqua**

**GEOSTUOIE
SINTETICHE**

Soluzione IMMEDIATA e PERMANENTE



A BREVE TERMINE: favorisce l'attecchimento della vegetazione impedendo l'asportazione del terreno e della semina in fase di germinazione

A LUNGO TERMINE: agisce come rinforzo permanente dell'apparato radicale

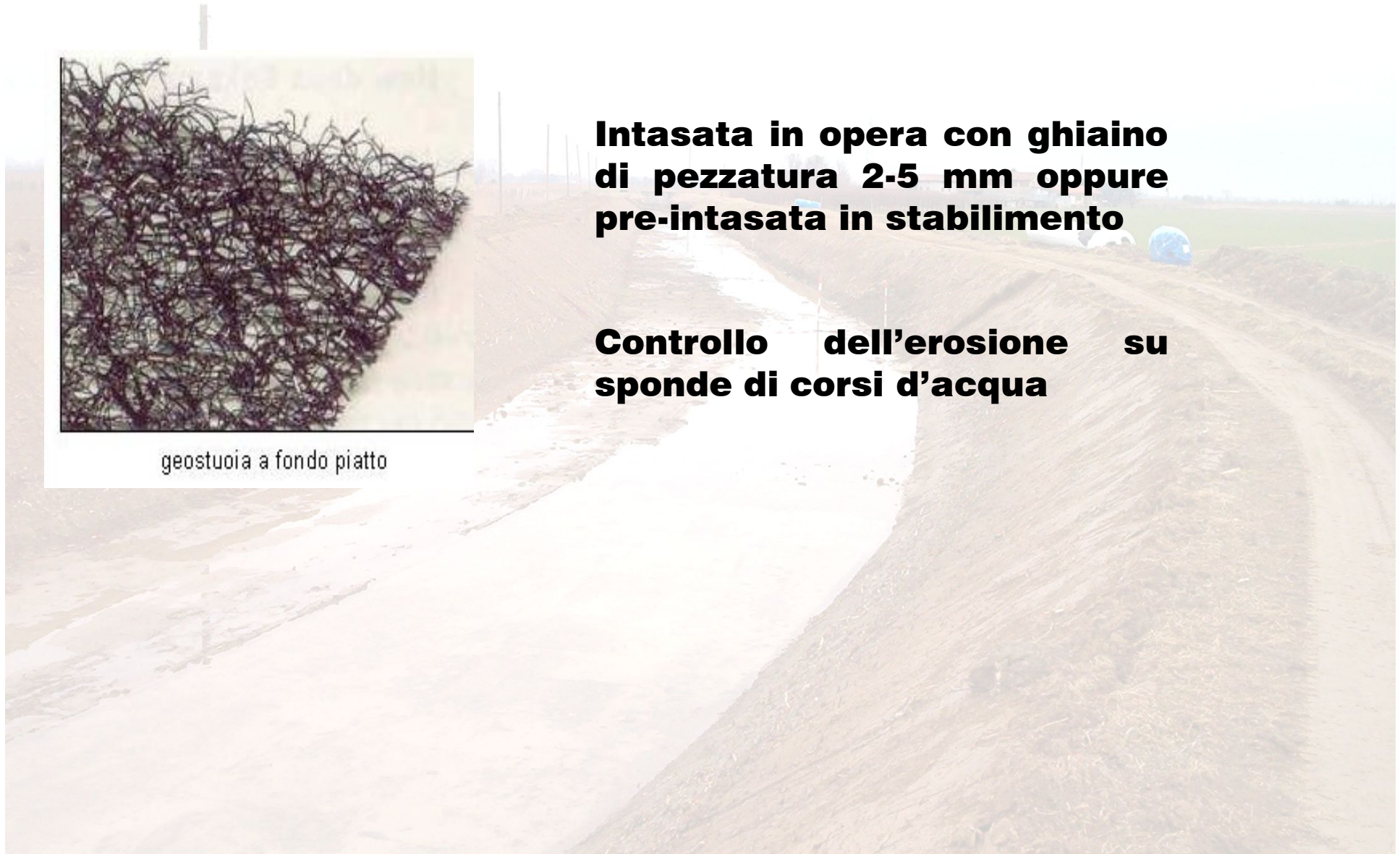
Descrizione



geostuoia a fondo piatto

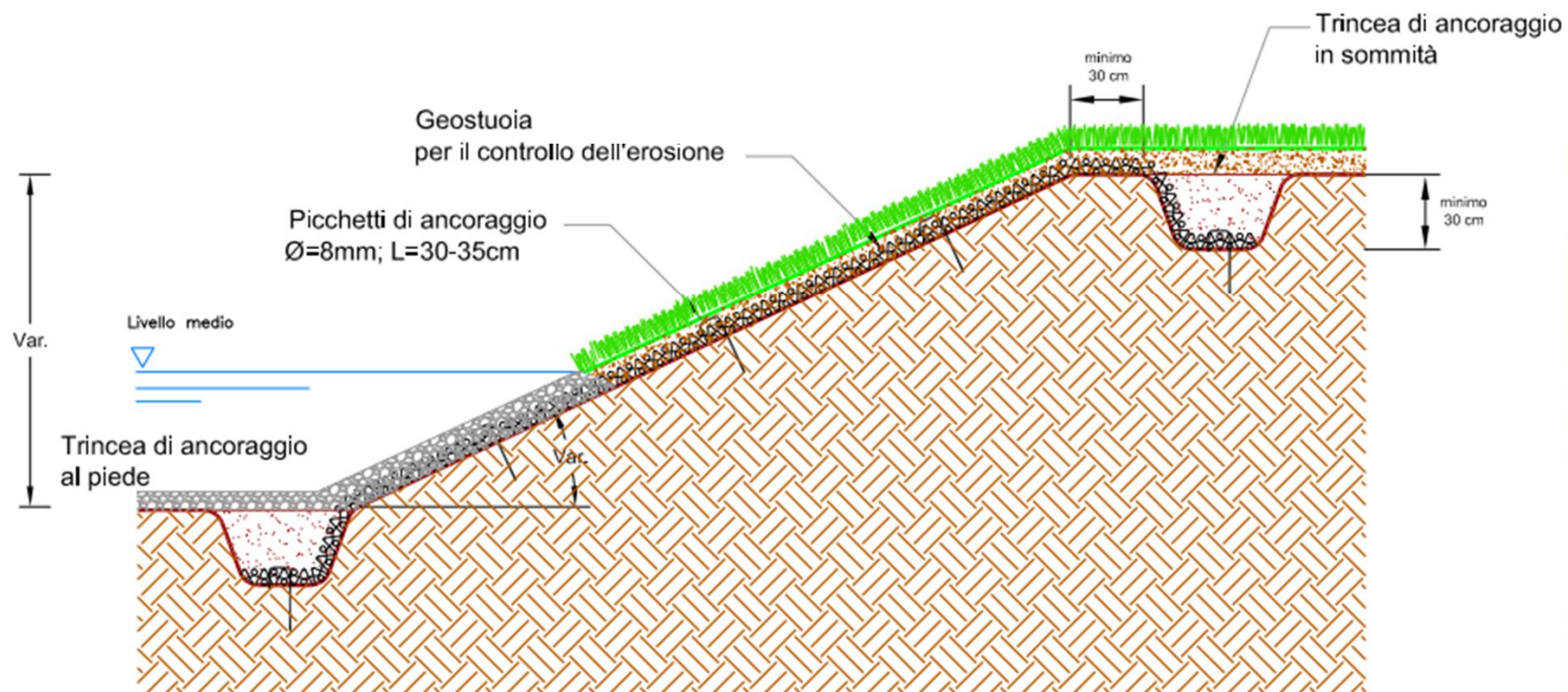
Intasata in opera con ghiaino di pezzatura 2-5 mm oppure pre-intasata in stabilimento

Controllo dell'erosione su sponde di corsi d'acqua



Sezione tipo e posa in opera

Controllo dell'erosione su sponde di corsi d'acqua



Sponde di corsi d'acqua

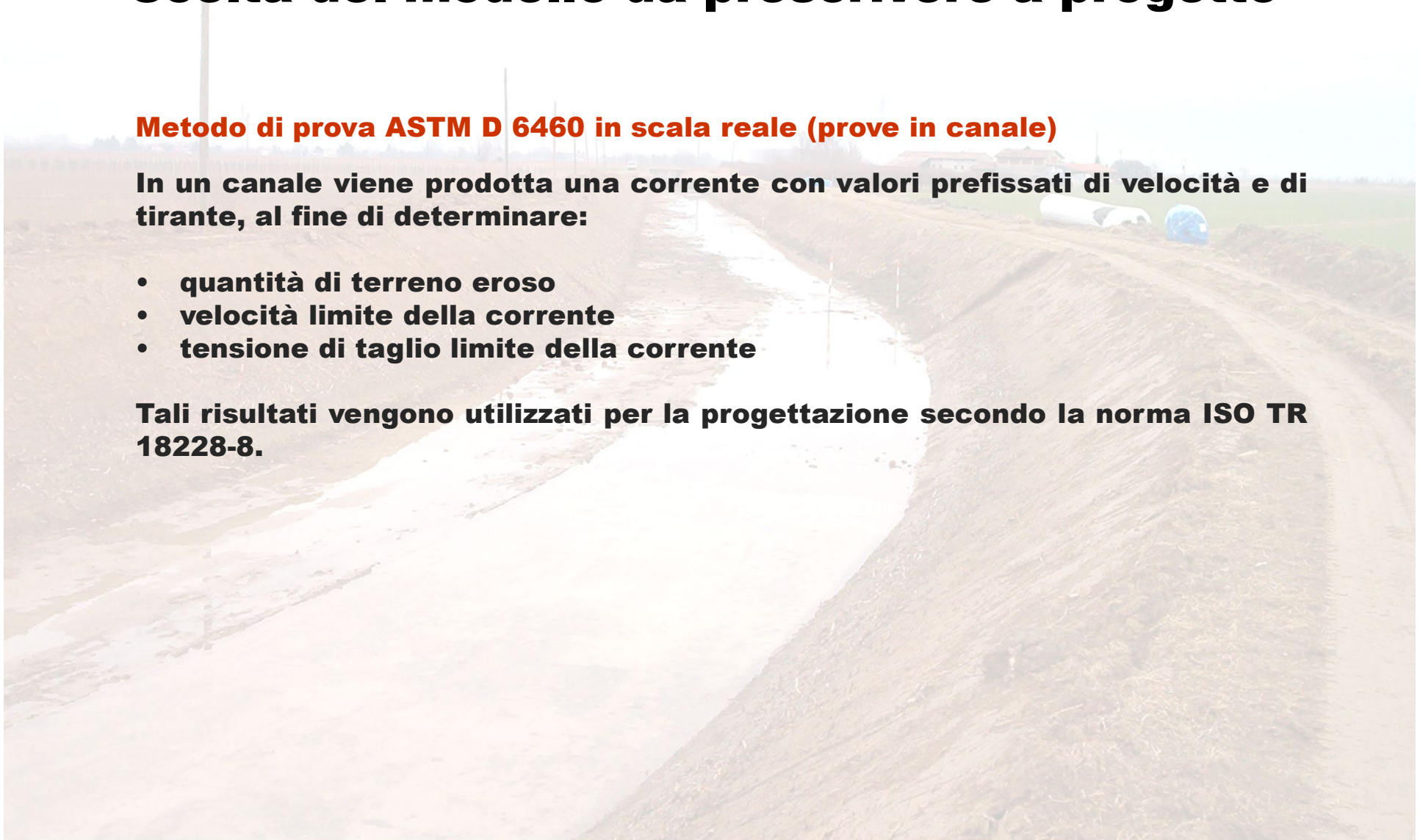
Scelta del modello da prescrivere a progetto

Metodo di prova ASTM D 6460 in scala reale (prove in canale)

In un canale viene prodotta una corrente con valori prefissati di velocità e di tirante, al fine di determinare:

- quantità di terreno eroso
- velocità limite della corrente
- tensione di taglio limite della corrente

Tali risultati vengono utilizzati per la progettazione secondo la norma ISO TR 18228-8.



Sponde di corsi d'acqua

Scelta del modello da prescrivere a progetto

Si dovrà scegliere il rivestimento più opportuno in funzione di:

- **velocità di corrente**
- **durata degli eventi di piena**
- **caratteristiche geometriche ed idrauliche del canale**



GEOSTUOIA
Senza vegetazione



GEOSTUOIA
Con vegetazione



Dimensionamento - 1a fase

Test di erosione senza vegetazione

Test su argini senza vegetazione con diversi strati di protezione e con terreno con diametro medio delle particelle $d_{50} = 0.6$ mm (caso più critico).

Strato di protezione	Velocità critica	Tensione tangenziale critica
Nessuno (sabbia senza coesione $d_{50} = 0.6$ mm)	0.30 m/s	0.30 N/m ²
Geostuoia 10 mm	0.60 m/s	2.30 N/m ²
Geostuoia 20 mm	0.75 m/s	3.70 N/m ²
Geostuoia 10 mm + intas. (ghiaia 2 - 5 mm)	1.00 m/s	6.50 N/m ²
Geostuoia 20 mm + intas. (ghiaia 2 - 5 mm)	1.65 m/s	17.00 N/m ²
Geostuoia pre-intasata	2.50 m/s	24.00 N/m ²

Tabella 1: Velocità critica dei vari tipi di rivestimento con geostuoia

Test di erosione con vegetazione

I test condotti per misurare la velocità critica e la tensione tangenziale critica lungo argini con copertura erbosa, protetti con diversi rivestimenti, hanno fornito i seguenti valori.

Strato di protezione	Velocità critica	Tensione tangenziale critica
Coltre erbosa	3.70 m/s	205.00 N/m ²
Coltre erbosa rinforzata con Geostuoia 20 mm	7.00 m/s	355.00 N/m ²
Coltre erbosa rinforzata con Geostuoia pre-intas.	6.50 m/s	490.00 N/m ²

Tabella 2: Velocità critica e tensione tangenziale critica dei vari tipi di rivestimento

Dimensionamento - 2a fase

Nel caso di sponde rivestite con geostuoia si utilizza il seguente metodo:

DATI

- Larghezza del fondo b
- Pendenza delle sponde α
- Pendenza del canale I
- Coefficiente di scabrezza K_m (*)
- Portata Q

INCOGNITE

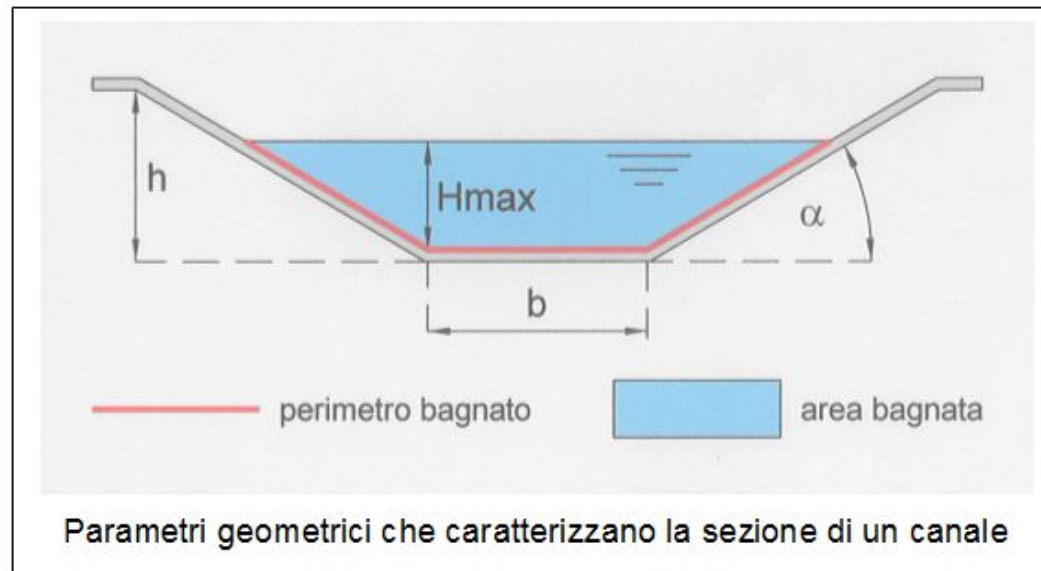
- battente d'acqua massimo H_{max}
- velocità critica della corrente V_{cr}
- tensione di taglio sulla geostuoia τ

(*) Per la geostuoia si assume cautelativamente $K_m = 50 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$

$V = K_m \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$ Formula di Manning per correnti a pelo libero con moto permanente

dove

$R = A/P =$ raggio idraulico
 $A =$ area bagnata
 $P =$ perimetro bagnato



Dimensionamento - 2a fase

Nel caso di un canale a sezione trapezoidale, trigonometricamente sussistono le seguenti relazioni:

$$\text{area bagnata } A = H \cdot \left(b + \frac{H}{\tan\alpha} \right) [1]$$

$$\text{perimetro bagnato } P = b + \frac{2H}{\sin\alpha}$$

Se ora inseriamo H_{\max} nell'equazione di Manning troveremo la velocità critica della corrente V_{cr} ,

$$V_{cr} = K_m \cdot \left(\frac{H_{\max} \cdot \left(b + \frac{H_{\max}}{\tan\alpha} \right)}{b + \frac{2H_{\max}}{\sin\alpha}} \right)^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

Velocità critica

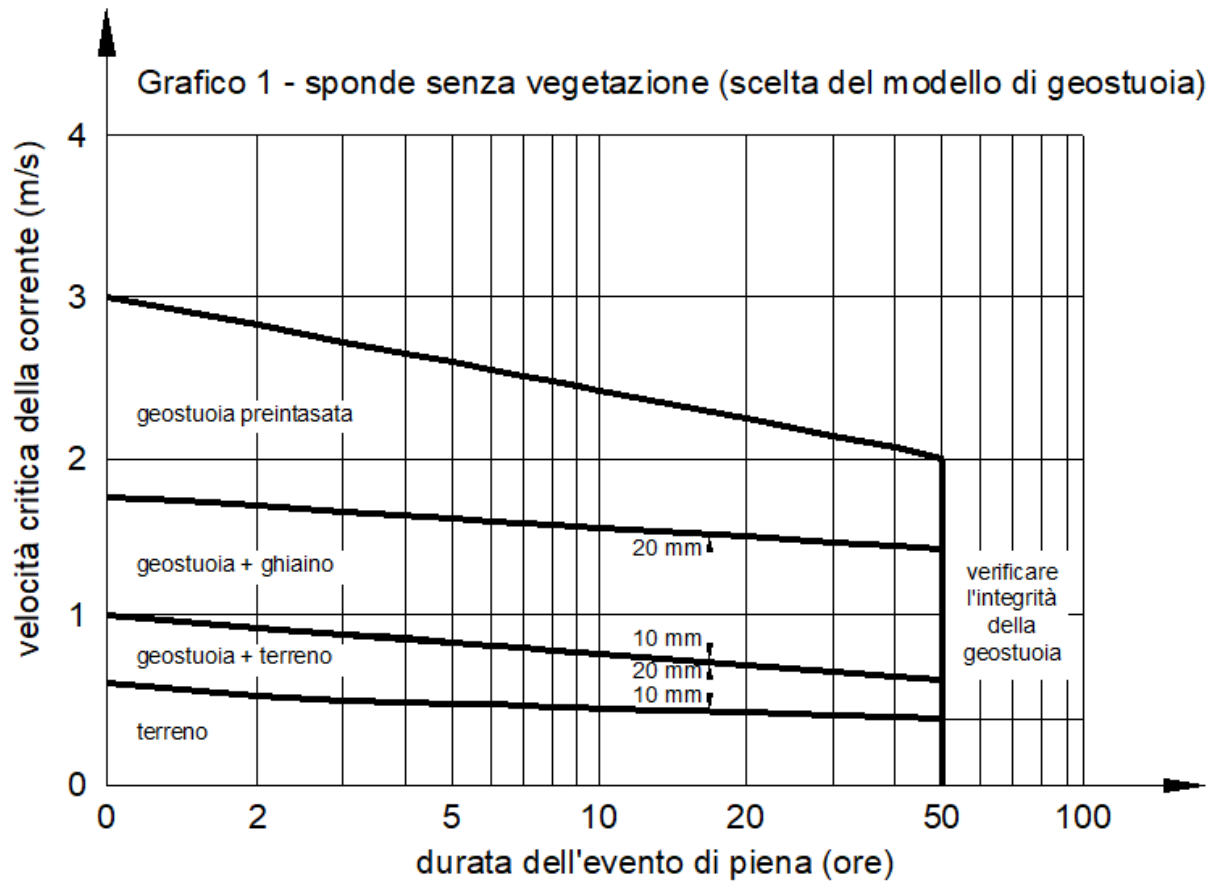
$$\tau_{cr} = \rho \cdot g \cdot \frac{V_{cr}^2}{K_m^2 \cdot \left(\frac{H_{\max} \cdot \left(b + \frac{H_{\max}}{\tan\alpha} \right)}{b + \frac{2H_{\max}}{\sin\alpha}} \right)^{1/3}}$$

dove
 ρ = densità dell'acqua
 g = accelerazione di gravità

Tensione di taglio critica

Dimensionamento - 2a fase

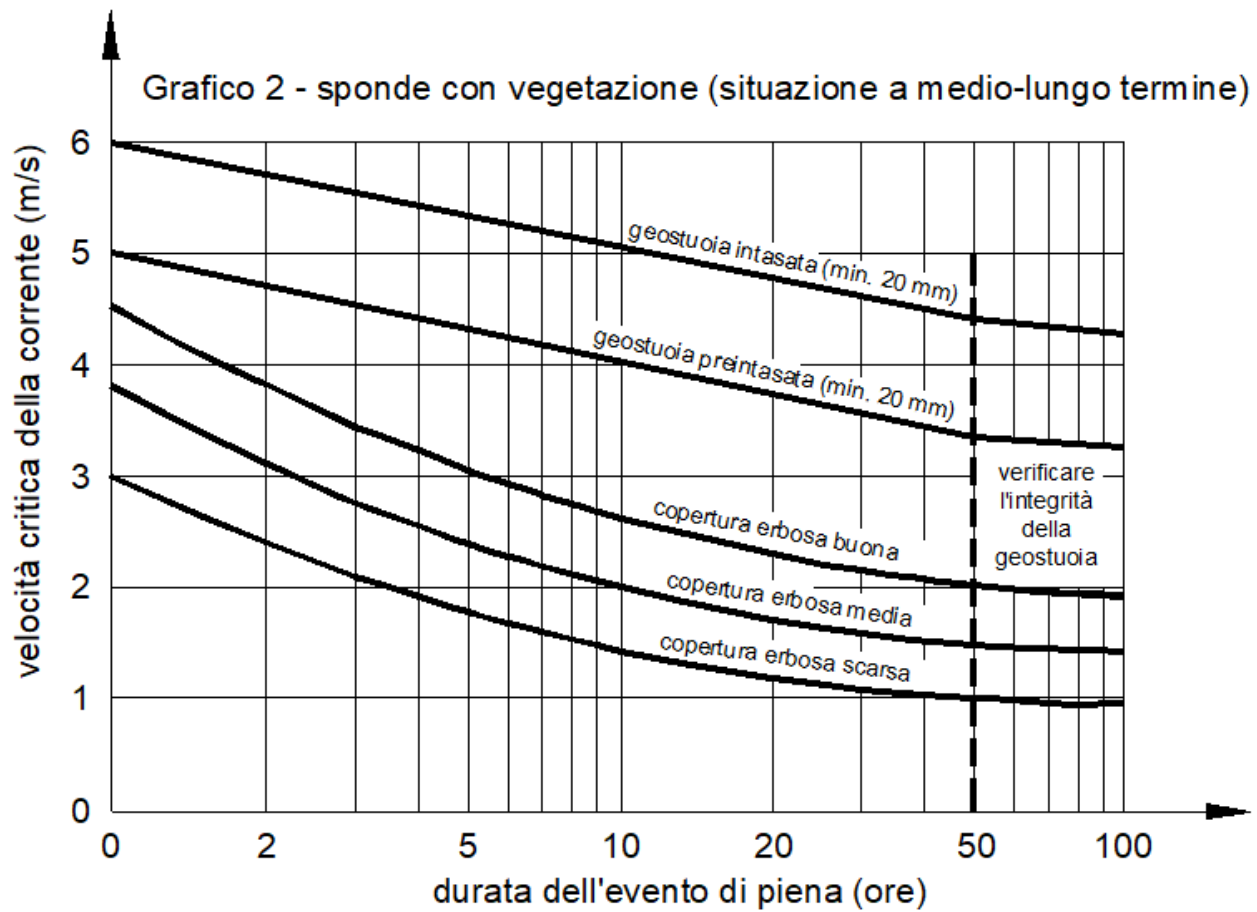
Senza vegetazione



Fonte: Enkamat Design Guide by Colbond Geosynthetics, 1997)

Dimensionamento - 2a fase

Con vegetazione



Fonte: Enkamat Design Guide by Colbond Geosynthetics, 1997)



Geostuoie

**Esempi di opere
realizzate**











**Geostuoia da
intasare**

**Geostuoia pre-
intasata**





















