

L'impiego del legno nelle sistemazioni naturalistiche di versante e di sponda

L'azione antlerosiva delle piante

La copertura vegetale del suolo esercita anzitutto una azione protettiva contro l'impatto diretto delle precipitazioni; le piante intercettano e trattengono una parte delle precipitazioni, che non raggiunge il suolo o vi arriva solo in un secondo tempo.

Le piante traspirano poi una notevole quantità di acqua e contribuiscono in modo efficace al drenaggio del terreno; esse contribuiscono così alla stabilità, sia aumentando l'angolo di attrito del terreno sia riducendo la spinta attraverso la diminuzione del peso degli strati instabili.

Nel caso di una cordonata viva le piante aumentano inoltre anche meccanicamente la stabilità della scarpata: la cordonata costituisce infatti uno strato di separazione all'interno del terreno, intrecciato e intimamente legato a questo attraverso gli apparati radicali. Una ipotesi di calcolo di questo aumento di stabilità è riportata nelle figure 1, 2 e 3.

A differenza di un'opera in calcestruzzo, per la quale il massimo grado di sicurezza viene raggiunto quando essa viene ultimata e da questo momento inizia un lento processo di degradazione, l'effetto stabilizzante del terreno da parte delle piante aumenta a partire dal momento della realizzazione della sistemazione, per la crescita delle radici e della parte epigea delle piante: l'optimum viene raggiunto solo dopo alcuni anni. In assenza di interventi di manutenzione dopo una certa età e dopo un certo stadio di sviluppo la stabilità può decrescere.

L'impiego del legno come sostanza ausiliaria

Per superare questa fase iniziale e per sostenere le piante, quando queste da sole non possono conseguire un sufficiente effetto stabilizzante, si ricorre all'uso di materiali ausiliari: il legno si adatta particolarmente bene per questo tipo di impiego. Inoltre il legno trova impiego come sostanza ausiliaria anche quando il materiale vivo a disposizione non è sufficiente o risulta troppo costoso.

I materiali che impieghiamo non sono riproducibili indefinitamente sulla terra: le riserve di metano e petrolio per esempio sono destinate ad esaurirsi, e lo stesso vale anche per i metalli e i minerali. Anche per il legname viene applicata una economia di rapina: ogni anno la superficie delle foreste tropicali viene ridotta di un'estensione pari a quella della Svizzera. Nelle condizioni ecologiche della foresta tropicale questa perdita diviene definitiva.

Ciononostante nelle nostre condizioni il legno può essere considerato la sola materia prima rinnovabile, a condizione che si riesca a ridurre l'inquinamento dell'aria, che oggi rappresenta una minaccia per l'integrità delle foreste delle zone temperate, e che i boschi vengano protetti e gestiti con criteri di salvaguardia.

Il legno non risulta solo di facile lavorazione, ma in molte situazioni di difficile accesso rappresenta spesso il solo materiale a disposizione. Penso ai molti scoscendimenti ed erosioni incipienti nei boschi diradati.

Il legno inoltre ha ottime qualità statiche

(vedi i calcoli del Prof. Dr. Hirt dell'ETH di Zurigo riportati nelle Fig. 4 e 5).

In passato il legname era abitualmente utilizzato in molti modi, alcuni dei quali sono stati abbandonati a causa della ridotta durabilità del materiale o delle condizioni di lavoro oggi decisamente migliorate.

Nel presente articolo si illustrano le possibilità di impiego del legno come materiale ausiliario nelle sistemazioni naturalistiche descrivendo quegli usi e quei casi, per i quali in Sudtirolo si è fatta una positiva esperienza.

Il tipo di legno

Il legno che trova applicazione da noi è soprattutto il larice non trattato, che ha una notevole durata nel tempo (a contatto con il terreno vegetale 15-30 anni), buone-ottime caratteristiche meccaniche e che può essere acquistato direttamente e

Sistemazione a gradonate orizzontali

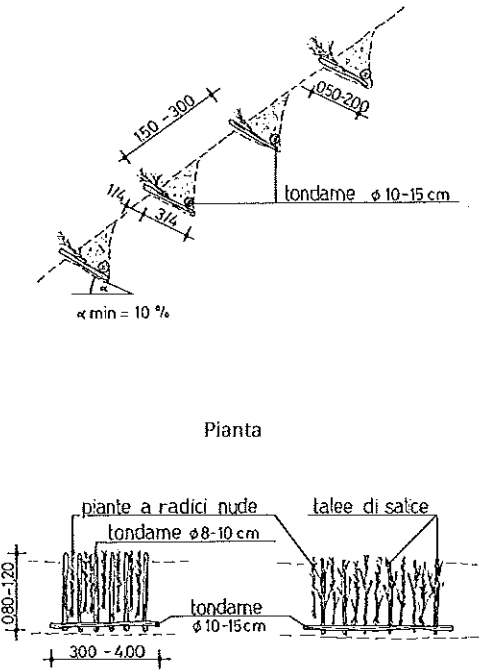


FIG. 1

Aumento del coefficiente di stabilità (η) di una scarpata con la costruzione di una gradonata

Coefficiente di stabilità

$$m = \frac{ds \text{ PROFONDITÀ DEI GRADONI}}{L \text{ LUNGHEZZA SCARPATA}}$$

Rapporto di sistemazione

$$x = \frac{l \text{ LUNGHEZZA OBLIQUA}}{a \text{ DISTANZA TRA I GRADONI}}$$

Numero dei gradoni

$$\eta = \frac{\tan \beta_0 \text{ ANGOLO LIMITE}}{\tan \varphi \text{ ANGOLO D'ATTRITO}}$$

$$\tan \beta = \tan \varphi + 1,4(1-2/x)m$$

$$\eta = \frac{\tan \varphi + 1,4(1-2/x)m}{\tan \varphi}$$

Gradonata

- Lunghezza della scarpata = 10 m
- Distanza tra i gradoni = 2 m
- Profondità dei gradoni = 2 m
- Angolo d'attrito = 27° (tanφ=0,51)

$$\eta = \frac{0,51 + 1,4(1 - 2 \times 2 / 10) 2 / 10}{0,51} = \frac{0,51 + 1,4 \times 0,60 \times 0,20}{0,51} = \frac{0,51 + 0,17}{0,51} = \frac{0,68}{0,51} = \eta = 1,33$$

FIG. 2

Aumento del coefficiente di stabilità (η) di una scarpata dopo una costruzione di una gradonata in relazione alla distanza tra i gradoni

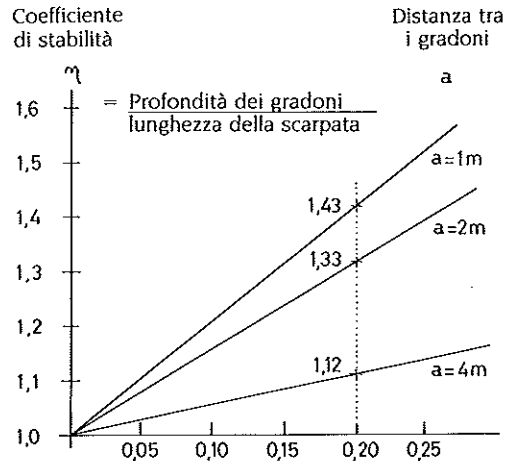
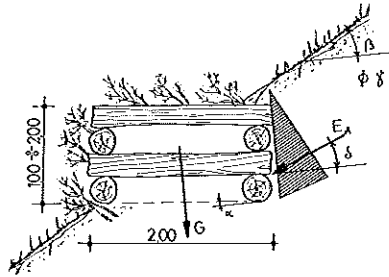


FIG. 3 Rapporti di sistemazione m =

Calcolo di una struttura di sostegno in legno



Dati di calcolo

Altezza di sostegno	$H = 100-200\text{m}$
Angolo d'attrito del terreno	$\phi = 40^\circ$
Inclinazione del pendio	$\beta = \phi$
Angolo d'attrito terreno/parete	$\delta = 2/3 \phi$
Angolo d'attrito terreno/basamento	$\alpha = \phi$
Inclinazione del piano di fondazione	$\alpha = 6^\circ-10^\circ$
Peso specifico della struttura in legno	$\gamma_s = 20 \text{ kN/m}$
Peso specifico del terreno	$\delta_s = 20 \text{ kN/m}$

Condizioni di stabilità

Altezza di sostegno	<u>100</u>	<u>200</u>
Coefficiente di stabilità al ribaltamento	$F_b = 18$	7
Coefficiente di stabilità allo slittamento	$F_s = 14$	5
Eccentricità	$e \text{ (cm)} = 7$	-3
Massima pressione sul terreno	$b \text{ (N/mm}^2) = 0,03$	0,05
Massima pressione sulla fondazione	$b_{EA} \text{ (N/mm}^2) = 0,01$	0,02

FIG. 4

Tensioni di rottura e tensioni ammissibili

Legno di conifere

	TRAZIONE	COMPRESS	COMPRESS	TAGLIO
TENSIONE DI ROTTURA (N/mm ²)	50 - 100	25 - 50	5 - 10	20 - 30
TENSIONI AMMISSIBILI (N/mm ²)	8,5	10	2	1

Protezione di zone potenzialmente franose

sicurezza nei confronti del distacco del terreno
stabilità del versante

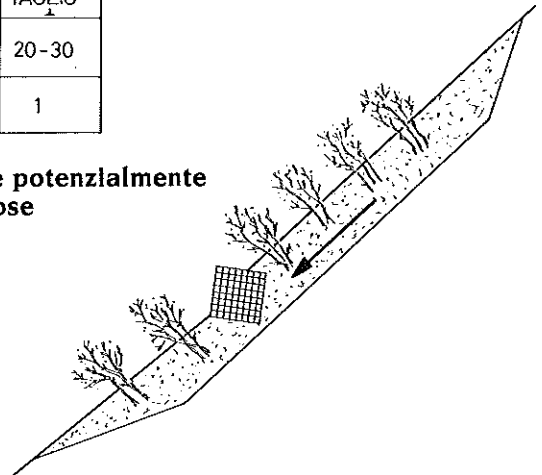


FIG. 5

a buon prezzo dai proprietari boschivi. In terreni soggetti a continue variazioni di umidità talvolta viene usato anche legname di pino impregnato in autoclave, che ha però un costo 3 volte superiore rispetto a quello del larice. Molto a buon mercato sono le traverse ferroviarie trattate con sostanze bituminose, in legno di castagno, quercia o robinia. In caso di utilizzo di questo legname – che ha una durata lunghissima nel tempo – occorre fare molta attenzione che le piantine non vengano a contatto con le traversine, in quanto le sostanze utilizzate per l'impregnazione, inibiscono la crescita dei vegetali.

L'impegno del legno come materiale ausiliario in opere di sostegno

- a) Nelle opere di sostegno con inserimento di elementi vivi (Fig. 6) delle piante vive o delle talee vengono inserite fra i tondoni esterni. La struttura interna di legno (a gabbione) sostiene la parete mentre le piante hanno la funzione di favorire il drenaggio del terreno attraverso la traspirazione, prevenendo cedimenti o l'erosione del materiale di riempimento. Man mano che il legno si decompone (15-30 anni) le piante assumono la funzione di sostegno.

Palificata di sostegno con inserimento di elementi vivi

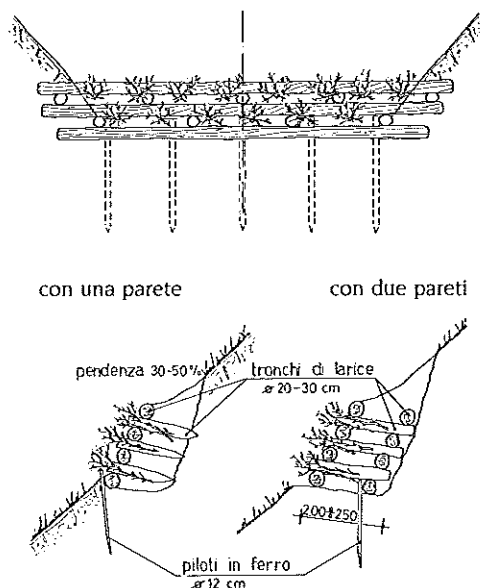


FIG. 6

Sistemazione a grata viva su scarpata

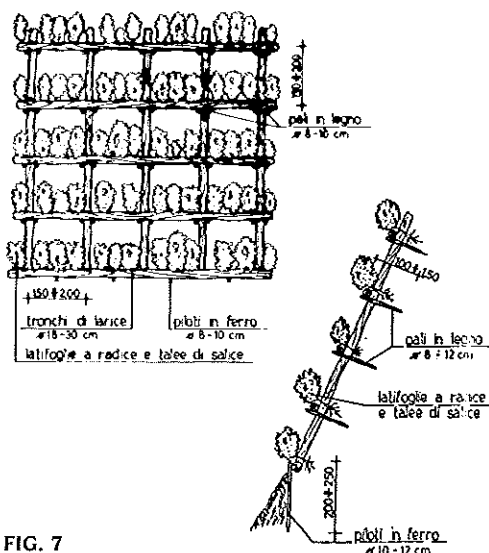
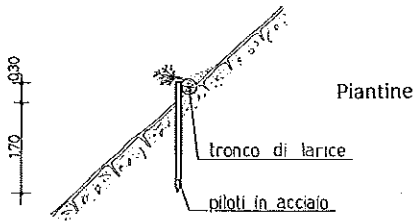


FIG. 7

- b) Nella grata viva (Fig. 7) sui correnti verticali, incassati nel terreno e appoggiati su un grosso (50-60 cm) tondo orizzontale, ben protetto al piede, vengono fissati con chiodi o vitoni, dei legni orizzontali. Su questi ultimi vengono appoggiate delle piantine o delle talee (come nelle cordonate vive) e poi ricoperte con terra. Tutta la grata viene ancorata al terreno con dei piloti.

In terreni a forte pendenza (fino a 60°) e in caso di scoscendimenti superficiali (piano di scivolamento a circa 50 cm) e di terreni con forti componenti limose e argillose questo tipo di sistemazione dà buoni risultati: i correnti sostengono e proteggono lo strato superficiale del terreno, le piante si approfondiscono nel terreno e ancorano gli strati sottostanti.

Palificata con messa a dimora di piante



Pianta

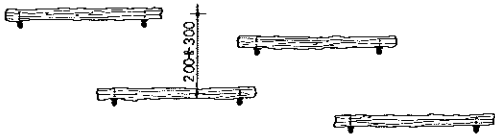


FIG. 8 300-400

Palificata con messa a dimora di Pinus mugo

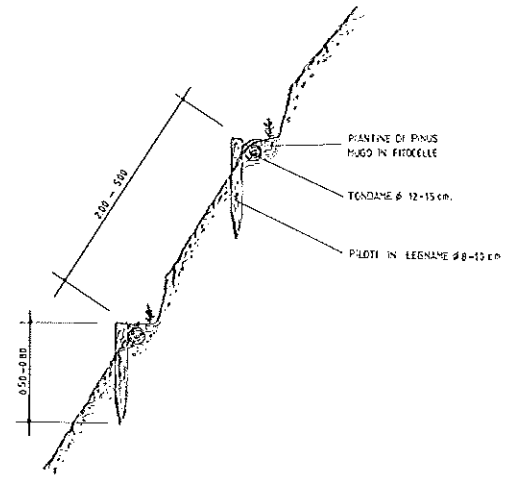


FIG. 9

Sistemazione a fascinate vive su pendii

Pianta

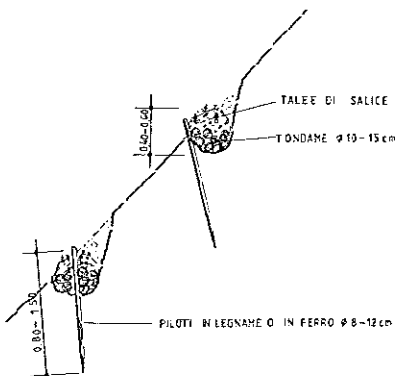
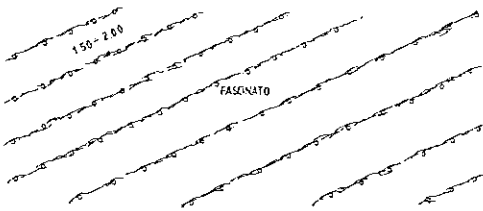
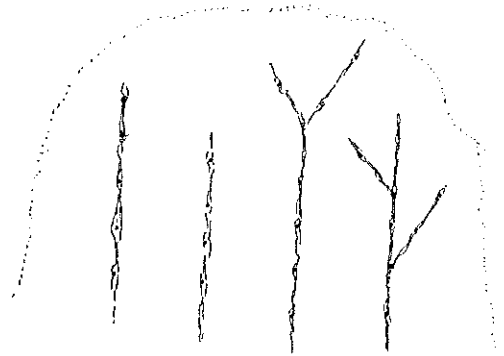


FIG. 10

Fascinate drenanti vive

Pianta



Sezione

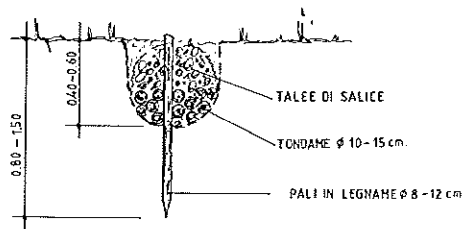


FIG. 11

L'impiego del legno come materiale ausiliario per il superamento della prima fase nelle sistemazioni biogeotecniche

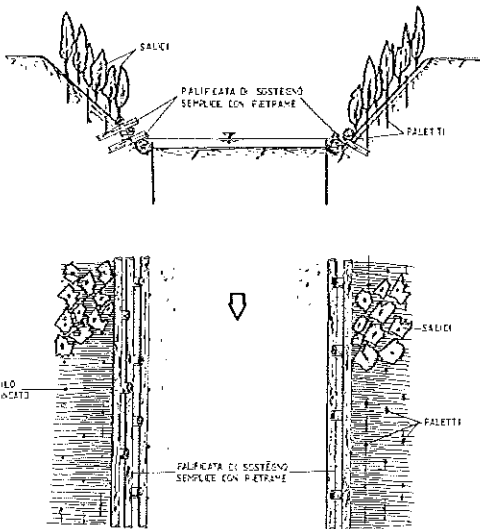
a) Nelle palizzate di sostegno con inserimento di elementi vivi (Fig. 6) vengono infissi dei piloti nel terreno, a monte dei quali viene fissato un tondone: su questo vengono messe nel terreno delle piantine (o talee) - come nelle cordone vive - e poi ricoperte con terra. In questo modo viene evitato lo scivolamento dello strato superficiale del terreno. Il tondone ferma il materiale che viene da monte, le piante assumono la funzione stabilizzatrice definitiva (Fig. 8).

Questa sistemazione funziona molto meglio delle graticciate, che essendo difficilmente ricopribili, si decompongono facilmente e quindi non sono più in grado di trattenere il materiale.

Nella fascia superiore della vegetazione forestale invece di latifoglie vengono impiegate piantine di pino mugo (Fig. 9).

Copertura diffusa con salici

protezione del piede con legname



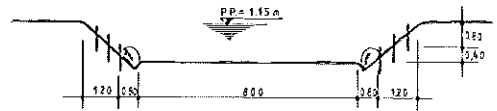
38 FIG. 12

b) Nelle cordone vive (vedi Fig. 1), allo scopo di evitare lo scivolamento di parti delle cordone, nella parte interna del gradoncino viene inserito un tondone di 3 o 4 m sopra le talee o le piantine. Se mancano talee robuste, vengono inoltre inseriti dei pezzi di legname parallelamente alle piantine, allo scopo di evitare lo schiacciamento o lo scivolamento delle piantine.

Nelle cordone possono essere utilizzate talee di salice o talee e piantine; l'impiego di sole piantine in genere non risulta sufficientemente stabile.

Rio Lasanca / Luson

Tensione di trazione (S) calcolata sulla portata piena il 18-19.07.1981
Copertura diffusa con salici costruita all'età di 15 mesi nell'aprile 1980



$$S = 10000 \cdot \Gamma_{by} \cdot I$$

$$\Gamma_{by} = \frac{A}{U}$$

$$I = 0,03$$

$$S_{TOT} = 256,2 \text{ N/m}^2$$

$$S_{SAL} = 195,3 \text{ N/m}^2$$

FIG. 13

Rio Pala / Val d'Ega

Tensione di trazione (S) calcolata sulla portata di media il 17.10.1980 sulla portata di piena il 18-19.07.1981
Copertura diffusa con salici costruita nell'aprile 1980 all'età di 6 mesi; all'età di 15 mesi



$$S = 10000 \cdot \Gamma_{by} \cdot I$$

$$\Gamma_{by} = \frac{A}{U}$$

$$I = 0,03$$

$$S_{PM} = 120,4 \text{ N/m}^2$$

$$S_{P.P.} = 298,2 \text{ N/m}^2$$

FIG. 14



L'impiego del legno come materiale di riempimento

Nelle *fascinate* (Fig. 10 e 11) si usa del legno morto nei 2/3 inferiori, con funzione di drenaggio. Nella parte superiore si utilizza del materiale di salice – in grado di rigettare – per aumentare il drenaggio con l'azione di traspirazione delle piante vive e per rassodare il terreno con gli apparati radicali.

Le fascinate vengono impiegate per drenare e stabilizzare versanti umidi. La funzione è simile a quella delle cordonate vive, l'accento viene posto però sull'azione drenante.

L'impiego del legno per la stabilizzazione del piede di scarpate

Le *coperture diffuse* (Fig. 12) – un tipo di sistemazione combinata tecnico-biologica – proteggono le sponde molto più efficacemente di quanto si era ritenuto. Subito dopo la costruzione sono in grado di resistere a tensioni di 150-200 N/m²; mentre

2-3 anni più tardi arrivano fino a 400 N/m² (Fig. 13 e 14), che corrisponde alla resistenza di una scogliera legata con fune. L'effetto principale della copertura diffusa sta nella riduzione della velocità della corrente nei pressi della sponda.

Dei tondoni di larici sono stati impiegati anche per la protezione al piede di coperture diffuse: invece della usuale protezione in massi lo scorso autunno è stata costruita una palizzata di sostegno in muratura mista di legname e sassi con – a seconda della necessità – 2 o 3 tondoni sopra quello di base, che è saldamente ancorato con dei piloti.

Florin Florineth

Azienda Speciale di
Sistemazione Montana
Provincia Autonoma di Trento