

CONVEGNO

# INGEGNERIA NATURALISTICA DISSESTO IDROGEOLOGICO RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE

Firenze-19 ottobre 2018

Aula Magna Università - Piazza S.Marco, 4

15:40 16:00 **Gino Menegazzi (AIPIN Lazio)** - Aspetti normativi e di calcolo delle strutture di I.N..

**JemmBuild**  
tecnologia e natura, insieme il successo



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE  
**GESAAF**  
DIPARTIMENTO DI GESTIONE  
DEI RISORSE AMBIENTALI  
ALIMENTARI E FORESTALI

**Centro Studi ALTA SCUOLA**



**ECOMED**  
Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



Con il termine di Ingegneria Naturalistica si intende una **tecnica ingegneristico-costruttiva orientata alla biologia** che si avvale di nozioni della biologia e dell'ecologia del paesaggio, nelle opere di consolidamento e mantenimento di scarpate, versanti, sponde, golene, argini, discariche, cave e superfici collegate alle infrastrutture lineari (strade, ferrovie, autostrade) alle condotte interrato ed energetiche (gasdotti, oleodotti, elettrodotti, ecc.) e puntuali (insediamenti industriali ed impianti energetici), contro l'erosione. Risulta caratterizzante **l'utilizzo di piante autoctone e di parti di piante quali elementi costruttivi vivi** in modo tale che, nel corso del loro sviluppo, esse, insieme al suolo ed al substrato pedogenetico, diano il contributo principale alla stabilizzazione e raggiungano l'obiettivo della massima biodiversità possibile. **Nella fase iniziale, a volte, si rende necessaria la combinazione con materiali da costruzione morti** che in alcuni casi possono avere funzione strutturale prevalente. In alcuni altri casi si può rendere necessario 'impiego di materiali sintetici in abbinamento per garantire la sicurezza dell'intervento stesso, **adottando comunque il criterio del minimo** impiego di tecnologia per la risoluzione del problema e quindi prediligendo, ove ed in quanto possibile, l'impiego di materiali e geotessuti biodegradabili.

**PREFERIBILITA' / LICEITA' \* D'IMPIEGO DEI MATERIALI VIVI E MORTI PER LE TECNICHE DI INGEGNERIA NATURALISTICA**

AMBITI D'IMPIEGO		PIANTE			MATERIALI UTILIZZABILI			
		← NATURALITA' CRESCENTE ←			← NATURALITA' CRESCENTE ←			
		PIANTE AUTOCTONE	PIANTE ESOTICHE NATURALIZZATE	PIANTE ESOTICHE DI RECENTE INTRODUZIONE	MATERIALI NATURALI	MATERIALI BIODEGRADABILI	MATERIALI ARTIFICIALI	
1	NATURALITA' CRESCENTE ↑	AREE PROTETTE	xxx	-	-	xx	xx	-(1)
2		AREE NATURALI	xxx	-	-	xx	xx	x
3		AREE AGRICOLE	xx	x	-	xx	xx	x
4		PARCHI E GIARDINI	xx	x	x	x	x	x
5		AREE URBANE	xx	x	x	x	x	x
6		AREE INDUSTRIALI	xx	x	x	x	x	x

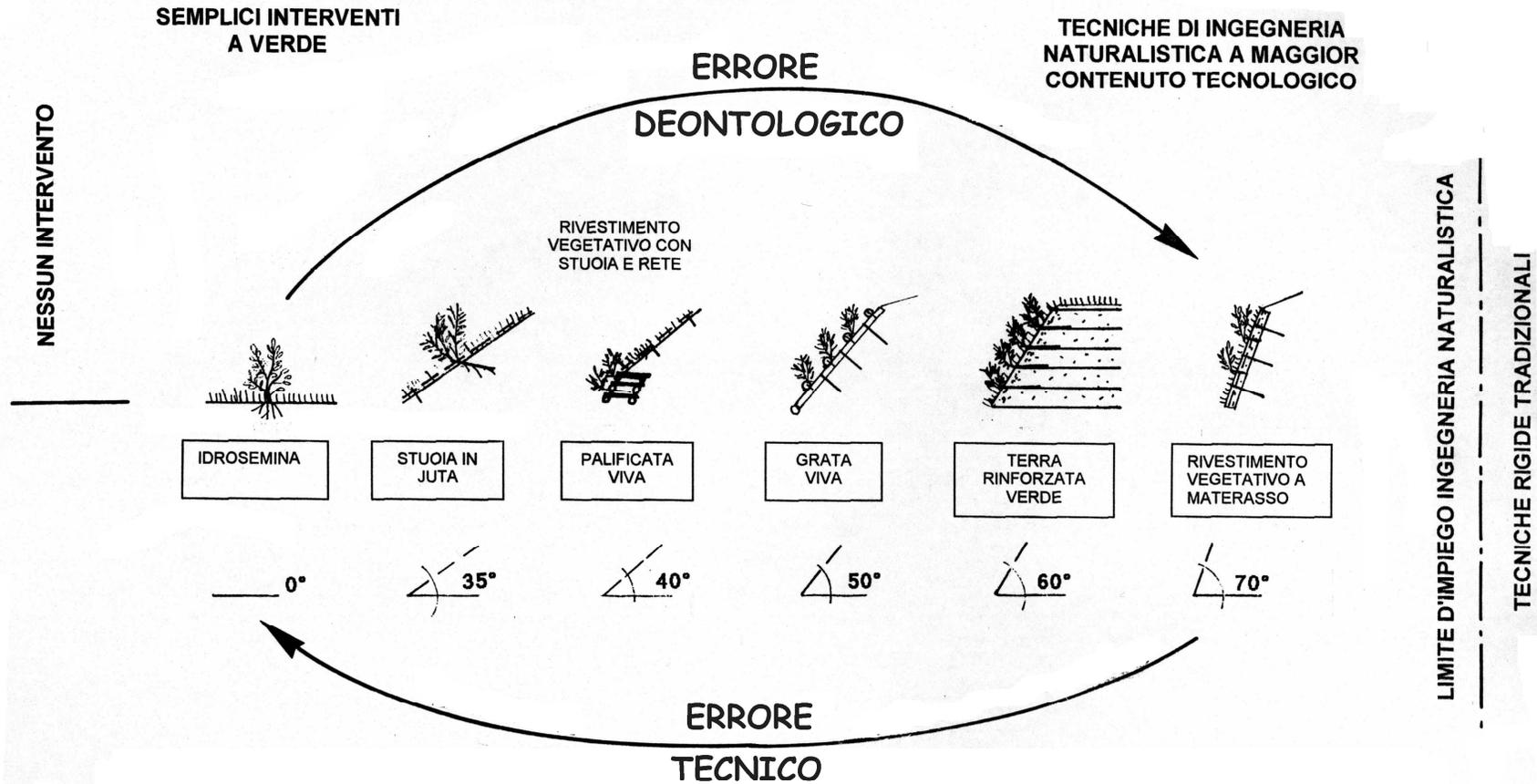
- \*  
**xxx** Impiego esclusivo  
**xx** Impiego preferenziale  
**x** Impiego in funzione delle scelte progettuali  
**-** Incompatibilità assoluta

**(1)** Utilizzo solo per la soluzione di problemi geotecnici ed idraulici per la protezione diretta di edifici o infrastrutture esistenti

*N.B.: nelle categorie "materiali: naturali, biodegradabili, artificiali" si fa riferimento a quelli strutturali e non ai componenti (es. chiodo in ferro acciaioso nella palificata viva in legno)*

# LIVELLO MINIMO DI ENERGIA

## INTERVENTI DI INGEGNERIA NATURALISTICA



"....SE FOSSE STATO SUFFICIENTE USARE UNA STUOIA IN JUTA, AVER USATO UNA GRATA VIVA O UN RIVESTIMENTO VEGETATIVO A MATERASSO : SAREBBE UN ERRORE (DEONTOLOGICO)....."

MA

"....SE FOSSE STATO NECESSARIO USARE UNA GRATA VIVA O UN RIVESTIMENTO VEGETATIVO A MATERASSO ,AVER USATO UNA STUOIA IN JUTA : SAREBBE UN ERRORE (TECNICO)....."



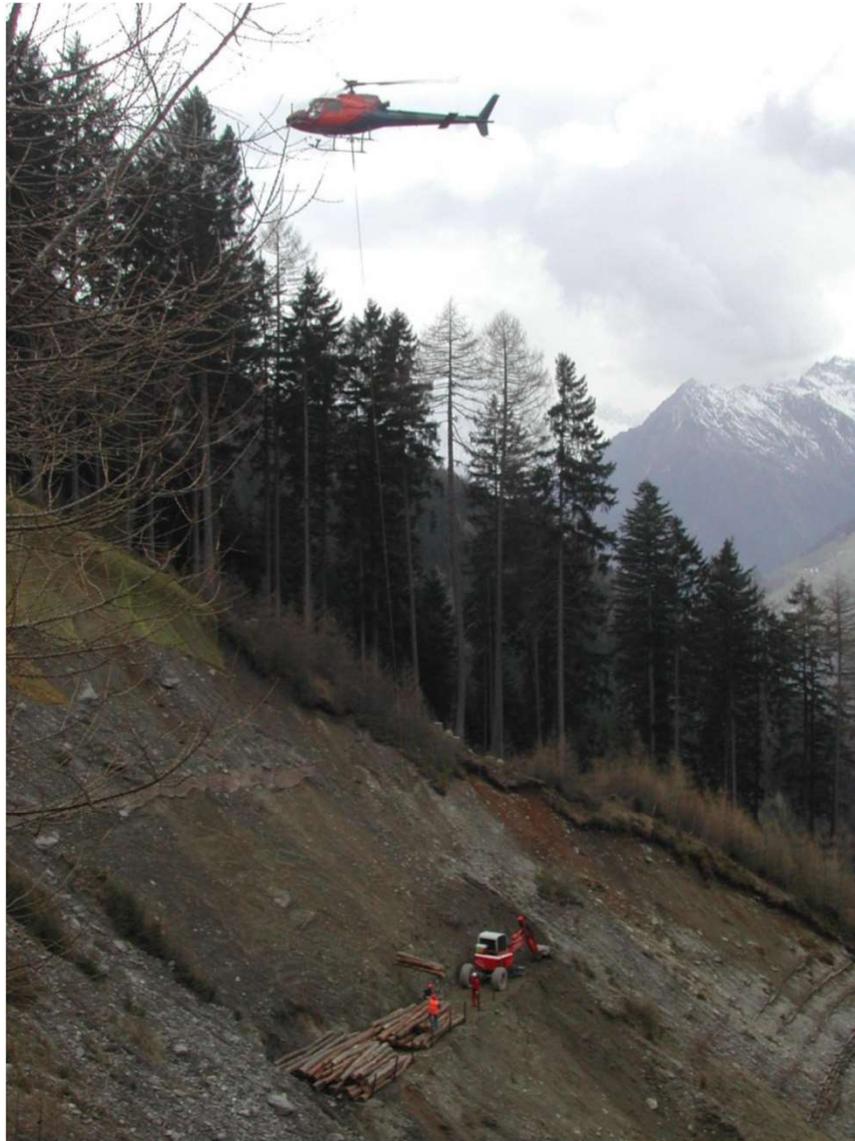
**È opinione degli scriventi che l'ingegneria naturalistica possa essere definita a tutti gli effetti una disciplina**, nonostante il suo *“percorso scientifico”* - ossia la definizione e la realizzazione di procedure, modelli, metodologie e strumenti quali-quantitativi con caratteristiche di precisione e validità - sia il risultato di un lavoro intrapreso solo recentemente.

Questa rappresenta un approccio progettuale con una propria filosofia e dignità, giacché il ricorso alle conoscenze di diverse discipline e settori - dall'ecologia del paesaggio, all'ingegneria, alle tecniche costruttive, alla botanica sistematica, alla botanica applicata, alla fisiologia delle piante, alla tecnologia del legno, alla pedologia - non sminuisce il suo ruolo, conferendole piuttosto maggior valenza tecnica e scientifica.

A titolo di chiarimento, si riporta la definizione di “disciplina” fornita dall'**OCSE (Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico)**: *“una disciplina è un campo di conoscenza avente concetti, dati e termini propri”*.

Si intende quindi con **disciplina** soprattutto un insieme di metodi di indagine e di tecniche di lavoro che si possono esercitare anche per nuove conoscenze, **applicando metodi e tecniche a contesti e contenuti diversi, capaci di superare la frammentazione, di integrare saperi, di definire ed affrontare la soluzione di problemi complessi, che richiedono la collaborazione di più discipline capaci di dialogare.**











## Definizioni - Opere Minori - Opere Complesse

**Opera minore:** intervento che preveda anche diverse tipologie di opere di ingegneria naturalistica semplici, standardizzate e di rapida esecuzione da realizzare su un elemento lineare o un'area puntuale circoscritta, precisamente identificabile e con limitata interazione con centri edificati ed infrastrutture antropiche.

Esempi: piccole frane e smottamenti di versante, sistemazione di scarpate di opere viarie minori e piste di esbosco, sistemazioni di sentieri e mulattiere, di ruscelli, piccoli torrenti, canali di bonifica, ...

**Opera complessa:** interventi di coordinati realizzati con diverse tipologie di opere di ingegneria naturalistica distribuiti su aree di maggiore dimensione che possano presentare anche consistenti interazioni con centri edificati ed infrastrutture antropiche, nonché coinvolgere ampie superfici montane o di pianura, quali significative porzioni di versante, cospicui tratti di corsi d'acqua o interventi lineari su strade e ferrovie, oppure vaste aree degradate da fattori naturali o antropici.

# Progettazione opere complesse e di opere minori

**Opere complesse:** Gli interventi di maggiore dimensione richiederanno un approccio progettuale più attento, che vedrà spesso il contributo di più professionisti.

**Opere minori:** la progettazione semplificata potrà prevedere le fasi «preliminare, definitiva ed esecutiva» eventualmente contratte in funzione della natura e della tipologia dell'intervento. Il progettista, nel caso coadiuvato da un tecnico di settore, dovrà comunque raccogliere e sviluppare personalmente tutti gli elementi di analisi che consentano di disporre di un sufficiente quadro di caratteristiche dell'area sulla quale si intende intervenire.

# Normativa Nazionale sui cantieri di Ingegneria Naturalistica

- **Legge n. 523 del 25 luglio 1904** “Testo Unico sulle opere idrauliche”;
- **Decreto Ministeriale 20 agosto 1912** “Approvazione delle norme per la preparazione dei progetti di lavori di sistemazione idraulico-forestale nei bacini montani”;
- **Legge n. 183 del 18 maggio 1989** “Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo”;
- **Legge n. 102 del 2 Maggio 1990** “Disposizioni per la ricostruzione e la rinascita della Valtellina e delle adiacenti zone delle Province di Bergamo, Brescia e Como, nonché della Provincia di Novara, colpite dalle eccezionali avversità atmosferiche dei mesi di luglio ed agosto 1987”;
- **Decreto Presidente della Repubblica 14 aprile 1993** “Atto di indirizzo e coordinamento alle Regioni recante criteri e modalità per la redazione dei programmi di manutenzione idraulica e forestale”;
- **Legge n. 344 dell’ 8 ottobre 1997** “Disposizioni per lo sviluppo e la qualificazione degli interventi e dell’occupazione in campo ambientale”;
- **Legge n. 345 dell’ 2 ottobre 1997** “Finanziamenti per opere e interventi di viabilità, infrastrutture, di difesa del suolo, nonché per la salvaguardia di Venezia”;
- **Legge n. 267 dell’ 3 agosto 1998** (conversione con mod. del Decreto Legislativo 11 giugno 1998, n. 180) “Misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella Regione Campania”.

- **Testo coordinato Legge n. 109** “Legge quadro coordinata con le modifiche introdotte dal D.D.L. A.S. 2288 del 11 febbraio 1994 in materia di lavori pubblici (Merloni Ter 1998);
- **Decreto Ministeriale 4 febbraio 1999** “Attuazione dei programmi urgenti per la riduzione del rischio idrogeologico, di cui agli articoli 1, comma 2, e 8, comma 2, del decreto Legislativo n. 180, convertito, con modificazioni, dalla Legge 3 agosto 1998, n. 267”;
- **Decreto del Presidente della Repubblica n. 348 del 2 settembre 1999** “Regolamento recante norme tecniche concernenti gli studi di impatto ambientale per alcune categorie di opere”;
- **Decreto Legislativo n. 152 del 11 maggio 1999** “Disposizioni sulla tutela delle acque dall’inquinamento e recepimento della Direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane” articolo 1, lettera d; articolo 3, comma 6; articolo 41, comma 1; Allegato 1;
- **Decreto del Presidente della Repubblica n. 554 del 21 dicembre 1999** “Regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici n. 109 del 11 febbraio 1994, e successive modificazioni “;
- **Decreto del Presidente della Repubblica n. 34 del 25 gennaio 2000** “Regolamento recante istituzione del sistema di qualificazione per gli esecutori di lavori pubblici, ai sensi dell’articolo 8 della legge 11 febbraio 1994, n. 109, e succ. modificazioni”;
- **Decreto Ministeriale n. 175 del 4 ottobre 2000** “Rideterminazione e aggiornamento nei settori scientifico – disciplinari e definizione delle relaticùve declaratorie, ai sensi dell’articolo 2 del Decreto Ministeriale 23 dicembre 1999”.
- **Legge 11 dicembre 2000, n. 365** (Conversione in legge con mod. del D.L. 12 ottobre 2000, n. 279 – Decreto Soverato) “Interventi urgenti per le aree a rischio idrogeologico molto elevato ed in materia di protezione civile, nonché a favore delle zone della regione Calabria danneggiate dalle calamità idrogeologiche di settembre ed ottobre 2000”.

## OPERE MINORI NON SOGGETTE A DEPOSITO /AUTORIZZAZIONE PRESSO SERVIZIO TECNICO REGIONALE AI SENSI DELLE NORME VIGENTI IN MATERIA DI EDILIZIA SISMICA

regione	referimento	definizione di opere ed interventi di limitata importanza strutturale
VENETO	LR 7/11/2003 n27 allegato A comma 2	opere di sostegno H<2 m
PUGLIA	BURP 1309_2010 _1	opere di sostegno H<2 m e gabbionate < 3 m
CALABRIA	DELIBERA 330 DEL 22 ,07,2011 ALLEGATO a	opere di ingegneria naturalistica , briglie in legname , difesa spondale con palificata a parete singola e talle , cunette fossi di guardia briglio minori di altezza minore di 1 m
LIGURIA	BURL N 804 05/08/2019	opere di sostegno a gravità o in calcestruzzo armato a mensola inferiori a 3 metri compresa la fondazione - opere idrauliche minori , opere di difesa idraulica briglie di altezza inferiore a 3 metri compresa la fondazione
PIEMONTE	dgr 07656 920 21052014 ALL2	opere di sostegno di altezza inferiore a 3 metri che non interessano direttamente la viabilità o spazi pubblici aventi valenza strategica o rilevante - opere idrauliche minori quali briglie o difese spondali di altezza minore di 3 metri
BASILICATA	burb 19/02/2012 N°19 PARTE I	opere di sostegno con fondazioni dirette di altezza minore di 2,00 con angolo di terreno inclinato sull'orizzontale < 15° o per le quali non siano presenti carichi permanenti direttamente sul cuneo di spinta da realizzare in lotti di terreno non prospicienti assi stradali e/o aree pubbliche ovvero aree nelle quali sia prevista presenza occasionale di persone - gabbionate , muri cellulari e terre armate di altezza minore di 3,00 metri fupri terra - opere idrauliche e difese spondali di altezza minore a 2 metri prive di ancoraggio e con fondazioni dirette
	<b>motivi</b>	l'altezza dei muri viene estesa a 3,00 metri in quanto al di sotto di tale misura l'incremento della sollecitazione determinato dalla azione sismica risulta trascurabile rispetto alla spinta del terreno , il limite di 3,00 metri era già riportato nella normativa sismica DM 16,01,1996 - il riferimento alla condizione geomorfologica del piano di bacino consente maggiore uniformità territoriale . per maggiore chiarezza viene inoltre specificato che il valore di 3,00 metri comprende anche la fondazione



**La realtà vede due percorsi**



Tabella 1: la percentuale delle piante legnose a radice nuda con radicazione avventizia in confronto delle piante messe a dimora (esaminate a Vienna)

<i>Corylus avellana</i>	100 %
<i>Cornus mas</i>	100 %
<i>Cornus sanguinea</i>	100 %
<i>Sorbus aucuparia</i>	100 %
<i>Betula pendula</i>	58 %
<i>Carpinus betulus</i>	54 %
<i>Acer campestre</i>	40 %
<i>Acer platanoides</i>	32 %
<i>Prunus avium</i>	32 %
<i>Tilia platyphyllos</i>	28 %
<i>Tilia cordata</i>	22 %
<i>Prunus spinosa</i>	0 %
<i>Sorbus aria</i>	0 %
<i>Sorbus intermedia</i>	0 %
<i>Sorbus torminalis</i>	0 %

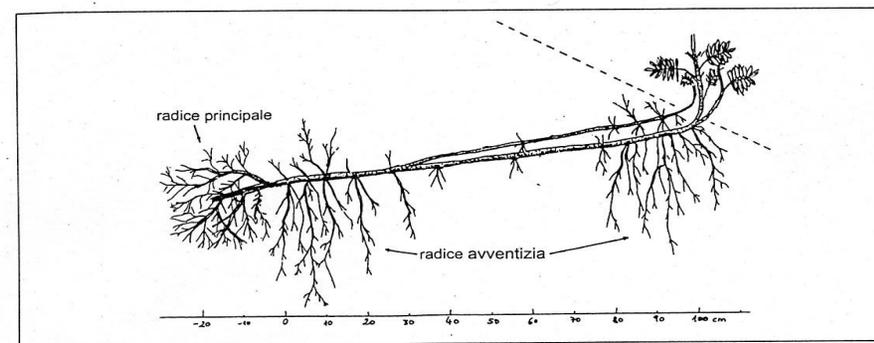
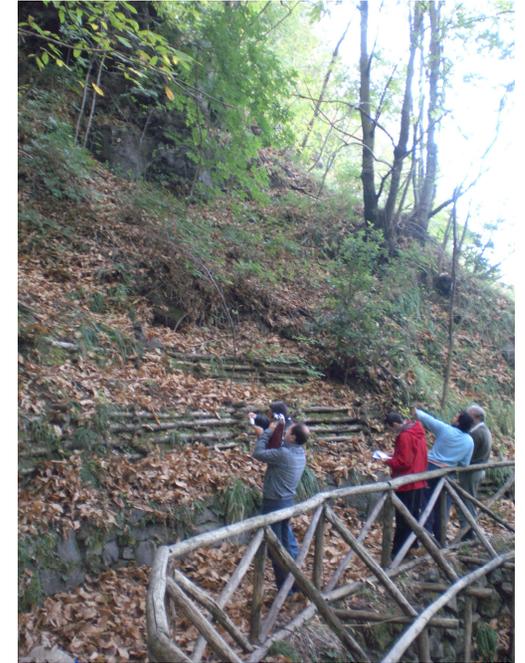
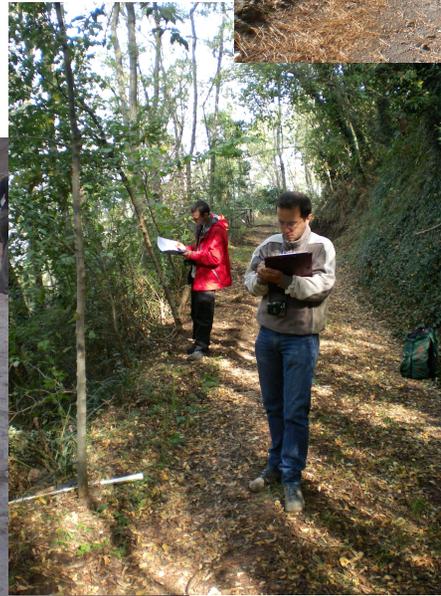
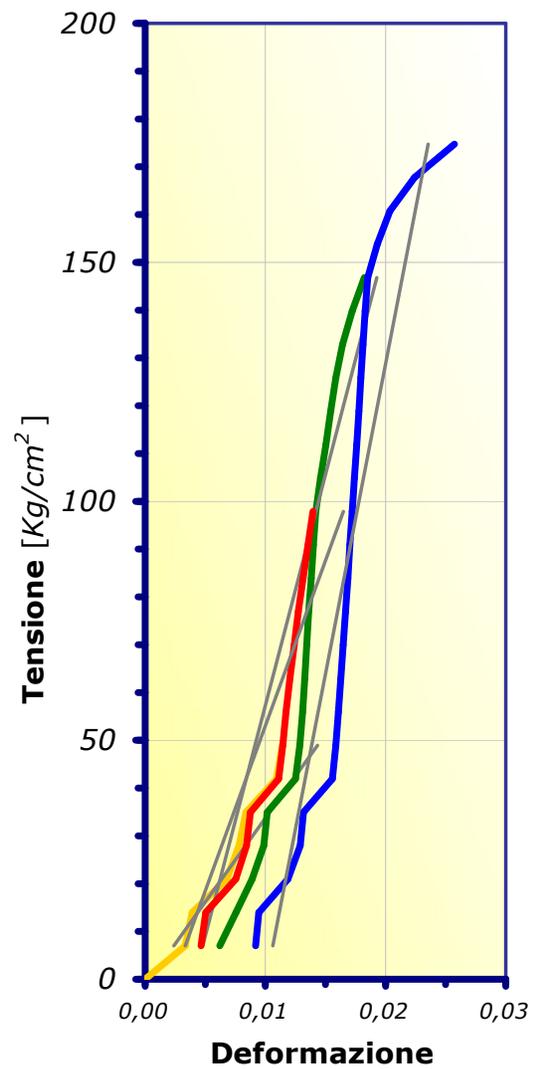
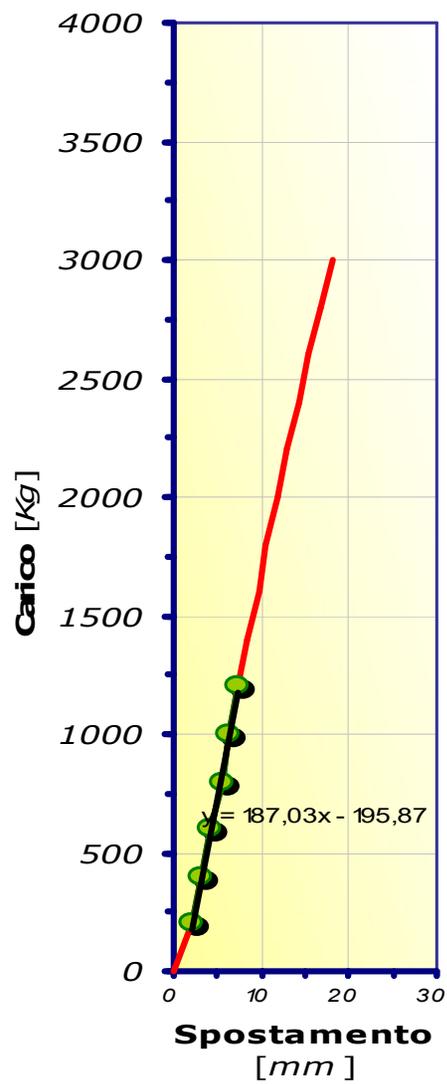


Fig. 3- Radicazione avventizia del *Sorbus aucuparia* dopo 6 mesi nella gradonata viva sul campo sperimentale a Vienna (GROHMANN, 1998)

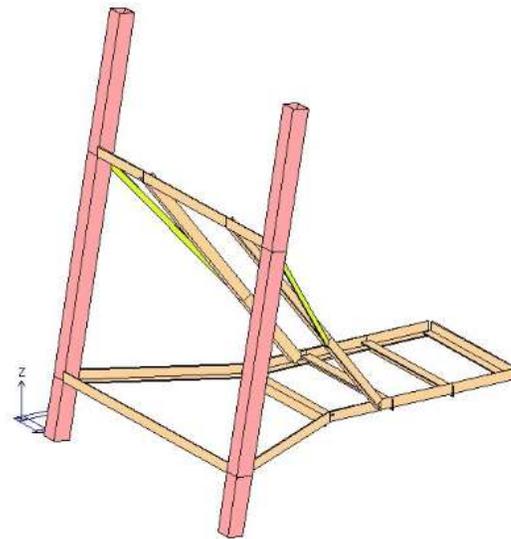




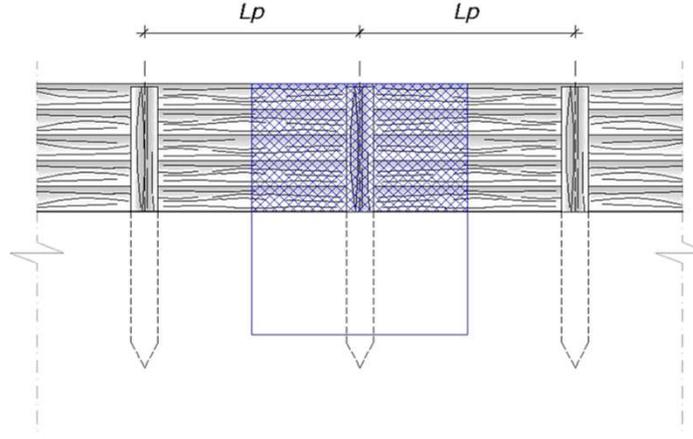
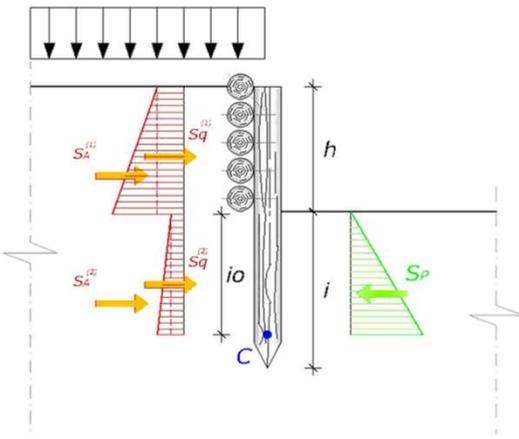
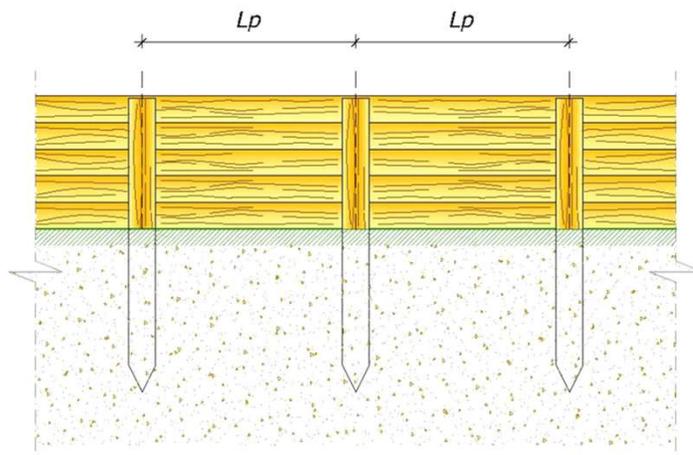
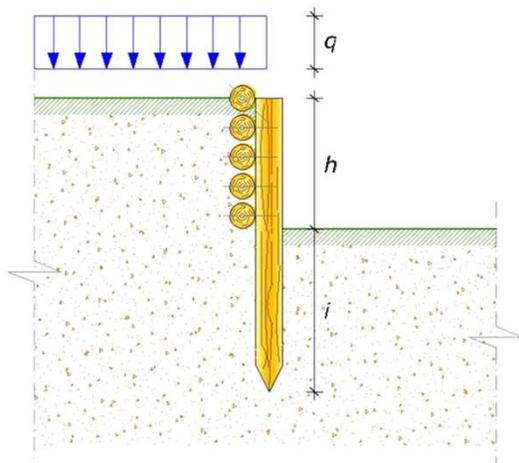




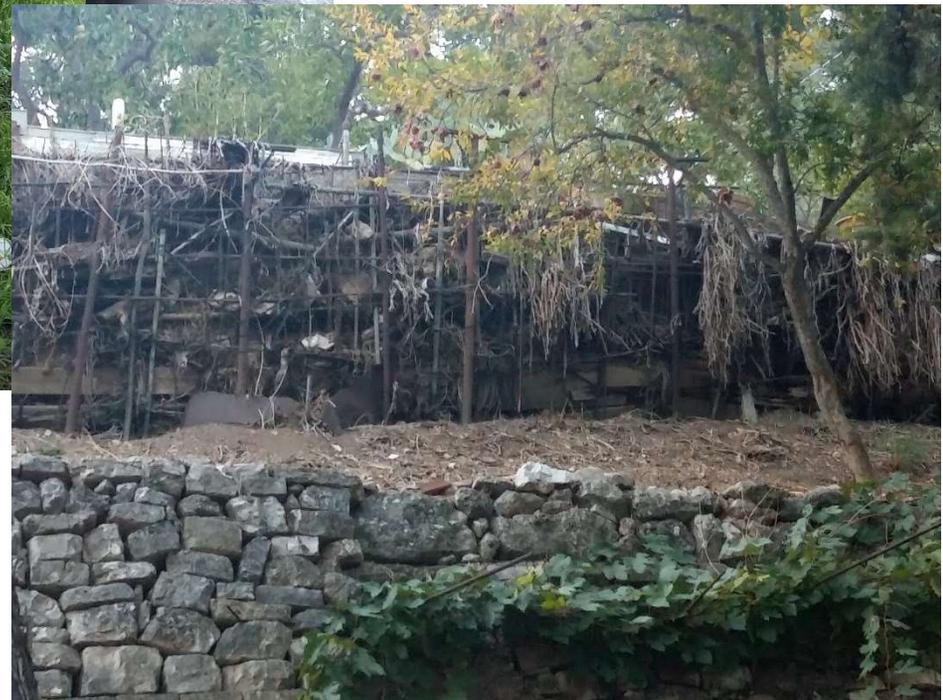












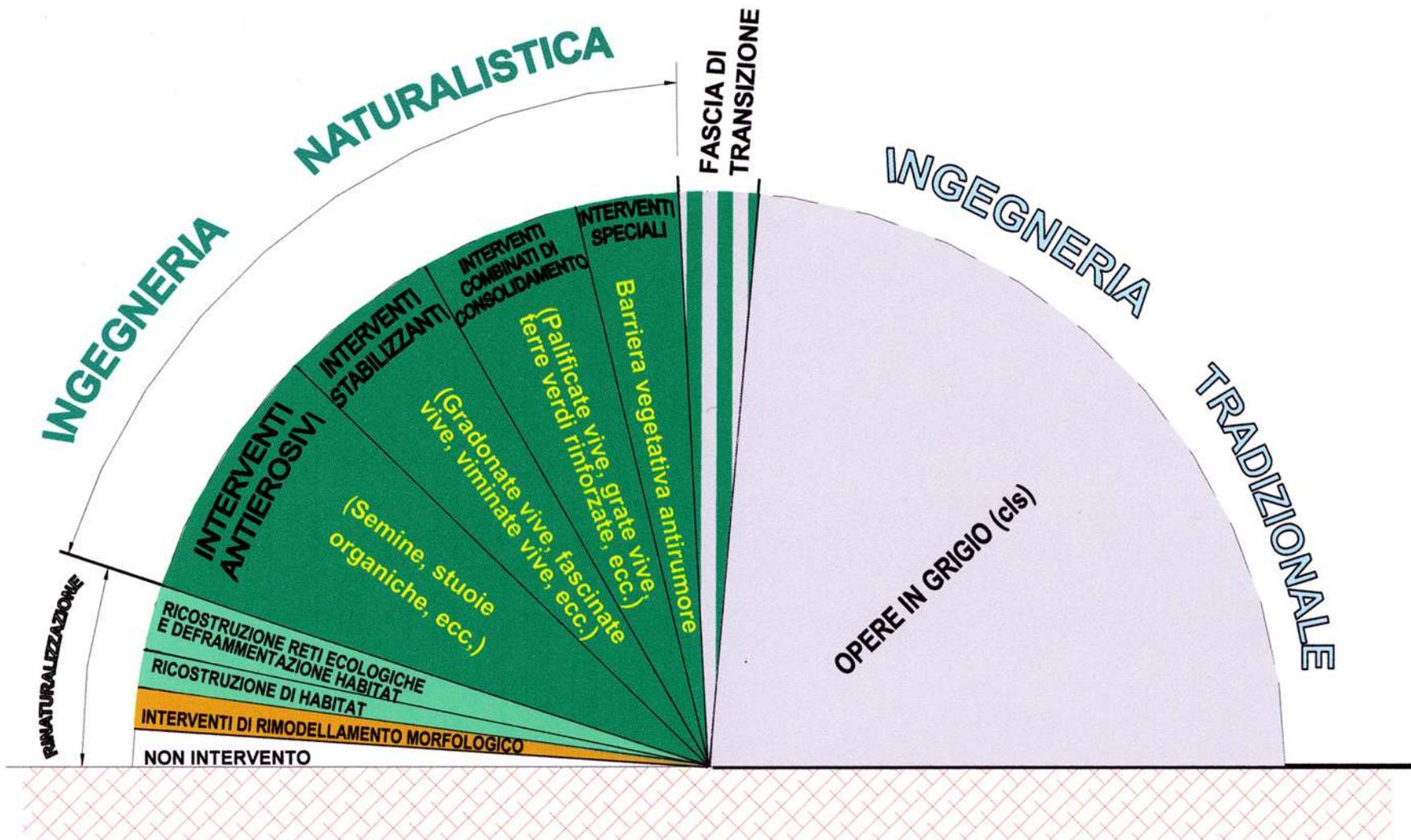


ASSOCIAZIONE  
ITALIANA  
PER LA  
INGEGNERIA  
NATURALISTICA

# SCENARIO STATO ATTUALE INTERVENTI DI RINATURAZIONE E DI INGEGNERIA NATURALISTICA SUL TERRITORIO



E Europäischen  
F Foederation  
I Ingenieur  
B Biologie



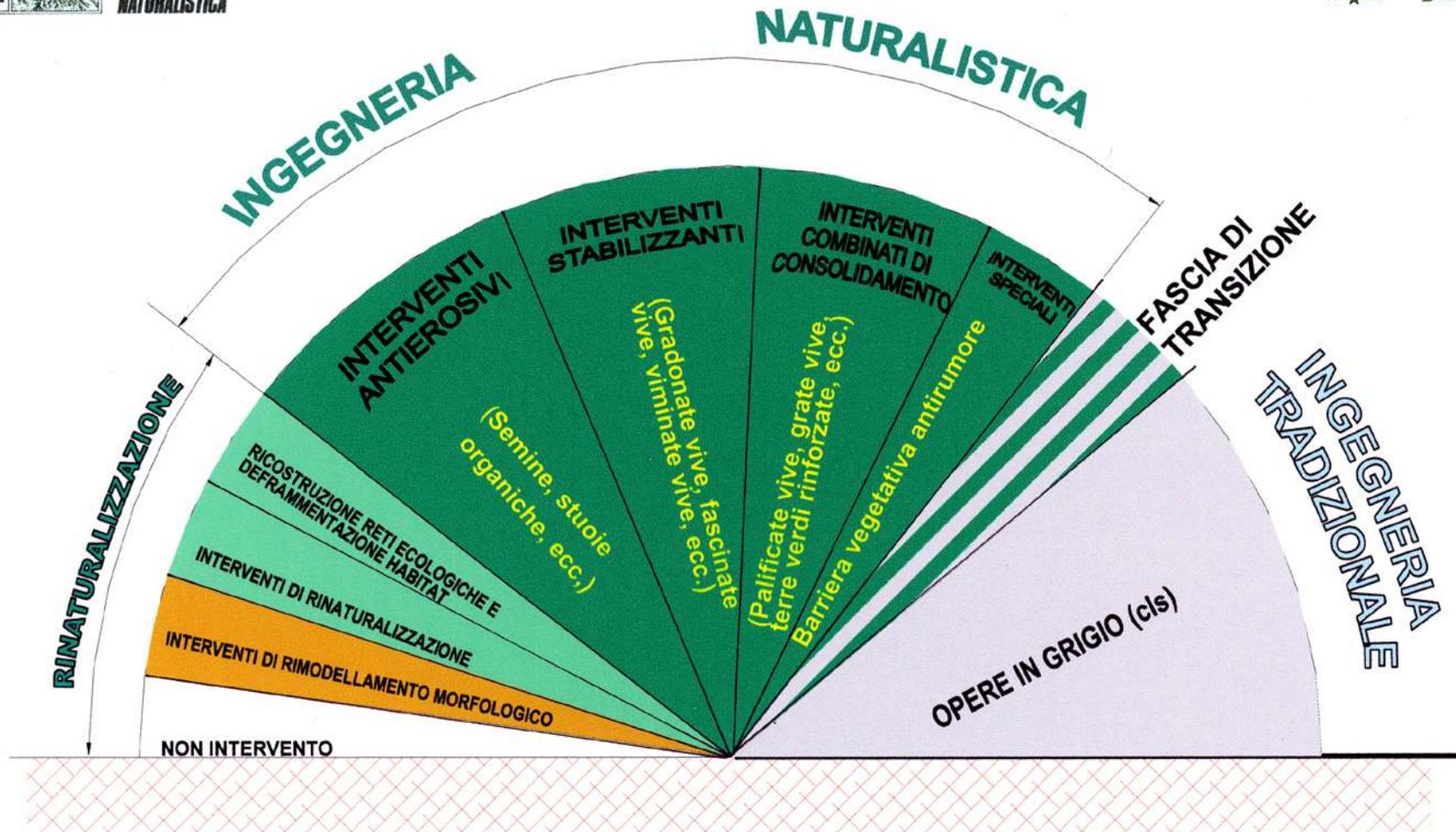


ASSOCIAZIONE  
ITALIANA  
PER LA  
INGEGNERIA  
NATURALISTICA

# SCENARIO FUTURO DEI POSSIBILI INTERVENTI DI RINATURALIZZAZIONE E DI INGEGNERIA NATURALISTICA SUL TERRITORIO



E Europäischen  
F Föderation  
I Ingenieur  
B Biologie





Punti di forza	Punti di debolezza
<ul style="list-style-type: none"> <li>-L'ingegneria naturalistica è una disciplina ad elevata sostenibilità ambientale</li> <li>-L'ingegneria naturalistica è una disciplina diffusa e con un valido percorso di esperienze</li> <li>-L'ingegneria naturalistica è oggetto di norme e leggi di settore</li> <li>-L'ingegneria naturalistica consente di incrementare l'occupazione, anche con elevata professionalità</li> <li>-Gli interventi di ingegneria naturalistica sono, a parità di efficacia, meno costosi degli interventi "in grigio"</li> <li>-Le tecniche e le metodologie di ingegneria naturalistica in ambito alpino sono ben note, applicate e divulgate</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Gli operatori del settore sono pochi e con limitata formazione (in particolar modo direttori tecnici, direttori dei lavori, collaudatori)</li> <li>-Mancano le esperienze per la redazione di importanti documenti (per es.: parte terza del capitolato speciale di appalto e capitolato tecnico)</li> <li>-Mancano documenti di livello europeo sia tecnici che di divulgazione</li> <li>-Scarsa presenza di Linee Guida tecnico-operative e mancanza di una Linea Guida per i Collaudi delle opere</li> <li>-Scarse conoscenze del comportamento consolidante delle specie vegetali in ambito mediterraneo (limitazione allo sviluppo dell'ingegneria naturalistica in Italia)</li> <li>-Scarse conoscenze sulle caratteristiche tecniche delle opere consolidanti e stabilizzanti e sul loro dimensionamento</li> <li>-Scarse conoscenze specifiche sulle procedure di sicurezza nella cantieristica specializzata</li> <li>-Limitata produzione vivaistica dedicata ed elevata mortalità di materiale vegetale</li> <li>-Assenza di materiale formativo audiovisivo per le attività e la sicurezza in cantiere</li> <li>-Limitata circolazione delle informazioni tra progettisti e ricercatori di settore</li> <li>-Definizione non corretta delle opere di ingegneria naturalistica ricadenti nella categoria di opere generali pubbliche (OG13)</li> </ul>
Opportunità	Rischi
<ul style="list-style-type: none"> <li>-L'Unione Europea ed i Paesi aderenti investono in progetti ambientali (conservazione della natura, monitoraggio)</li> <li>-In Italia vi è un elevato numero di aree protette nelle quali gli interventi di ingegneria naturalistica sono fattibili ed auspicabili</li> <li>-In Italia è possibile identificare più zone omogenee regionali di autoctonia vegetale</li> <li>-In Italia è possibile disporre di ottimo materiale vivo da costruzione, nonché produrlo in substrato tipico del luogo</li> <li>-E' possibile utilizzare le nuove tecnologie di comunicazione per migliorare l'informazione sulla corretta esecuzione/gestione delle opere e degli sviluppi derivati dalla ricerca</li> <li>-Utilizzare le nuove tecnologie di comunicazione per divulgare materiale formativo dedicato (per progettisti, operatori, direttori di cantiere, collaudatori)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Sfiducia nel ruolo e nell'efficacia della disciplina, con minor ricorso alle sue soluzioni tecniche</li> <li>-Realizzazione di un maggior numero di opere mal costruite e non collaudabili</li> <li>-Errori di valutazione dei costi per la realizzazione delle opere di ingegneria naturalistica</li> <li>-Perpetuarsi di errori progettuali e realizzativi per la scarsa comunicazione tra gli operatori</li> <li>-Aumento dei contenzioni con imprese in assenza di appropriati capitolati tecnici e di appalto</li> <li>-Uso di specie alloctone e non coerenti con la stazione ecologica in aree ad alto valore naturale (aree protette, riserve)</li> <li>-Elevata mortalità del materiale vegetale di vivaio su substrato diverso da quello dell'impianto finale</li> </ul>

- 0 - INDICE
- 0.1 - INTRODUZIONI PRELIMINARI
- 0.2 - PREMESSA
- 1 - INTRODUZIONE
- 2 - FILOSOFIA E DEFINIZIONI
- 3 - APPORTO DELLA VEGETAZIONE ALLA STABILITA' DEI VERSANTI
- 4- ASPETTI DELLA TECNOLOGIA DEL LEGNO E TIPI DI LEGNAME
- 5 - RESISTENZA DEL FILO DI FERRO ED ANCORAGGI IN ROCCIA
- 6 - CHIODATURE
- 7 - PALIZZATA VIVA
- 8 - GRADONATA VIVA
- 9- GRATA VIVA
- 10 - PALIFICATA VIVA
- 11 - BIBLIOGRAFIA E FONTI
- 12 - IMPRESSUM



Nel presente testo si sono approfondite alcune tematiche, tutt'ora oggetto di discussione e confronto tra gli esperti ed operatori del settore, relative al corretto dimensionamento delle opere in fase di progettazione, al fine di fornire un contributo alla riduzione degli errori di progettazione.

In particolare si sono approfondite:

**Metodologie di calcolo e di dimensionamento speditive per le tecniche applicabili ai versanti**, soprattutto per quanto concerne gli aspetti geotecnici e le verifiche di stabilità; oltre al ribaltamento, schiacciamento e scivolamento, è stata trattata la stabilità complessiva del versante ed il dimensionamento dell'apporto della presenza delle piante alla sua stabilità.

**Aspetti della tecnologia del legname impiegato nelle opere di ingegneria naturalistica**, in particolare per quanto concerne la durabilità del legname di diverse specie, in diverse situazioni climatiche e in differenti condizioni di stato; aspetti dei rapporti tra caratteristiche del legname e chiodature.

**Approfondimento degli standard minimi di alcune tipologie**, nel caso della palificata viva di sostegno: il diametro minimo dei tronchi, diametro minimo dei chiodi, se zincati o meno, disposizione dei pali montanti, livello minimo di retro inclinazione a monte, grado minimo di costipamento del terreno, valori limite al ribaltamento, schiacciamento e scivolamento, valori limite del rapporto Base/Altezza, caratteristiche geomeccaniche dei terreni coerenti ed incoerenti, ecc.).

**Approfondimento sull'apporto alla stabilità complessiva del versante, da parte delle piante**: ancora non è stato definito nel dettaglio questo apporto e solo recentemente sono usciti i primi studi al riguardo.

# Predimensionamento e fogli di calcolo

- Dimensionamento delle reti zincate e delle barre in roccia;
- Le giunzioni su legname nelle opere di IN;
- Palizzata viva;
- Gradonata;
- Grata viva;
- Palificata viva;
- Analisi dei prezzi.

Per ogni opera viene descritta la tipologia costruttiva, i materiali impiegati, lo schema costruttivo e le verifiche generali.

1	PALIZZATA VIVA: DESCRIZIONE DELLA TIPOLOGIA.....	2
1.1	Palizzate vive di versante.....	2
1.2	Palizzate vive di sponda.....	4
2	FUNZIONALITA.....	5
3	APPLICABILITA E SUOI LIMITI.....	6
3.1	Vantaggi e svantaggi.....	6
4	VOCI DI CAPITOLATO.....	7
4.1	Palizzata viva su versante:.....	7
4.2	Palizzata viva spondale.....	7
5	MATERIALI IMPIEGATI.....	7
6	SCHEMA COSTRUTTIVO.....	7
7	VERIFICHE GENERALI.....	9
7.1	Verifiche in relazione alle condizioni di versante - distanza tra le linee orizzontali su cui disporre la palizzata viva.....	9
7.2	Verifiche in relazione alle condizioni idrauliche spondali.....	10
7.2.1	Erosione del materiale di sponda.....	10
7.2.2	Resistenza a trazione.....	11
7.2.3	Calcolo delle tensioni di trascinamento.....	14
8	VERIFICHE DELL'OPERA.....	17
9	MODELLO SEMPLIFICATO PER IL DIMENSIONAMENTO DI UNA PALIZZATA VIVA IN LEGNO COL METODO DI BLUM.....	18
10	VERIFICHE SU PARTI DI OPERA.....	24
10.1	Dimensionamento dei tranti in legno.....	24
10.2	Verifiche dei pali verticali.....	24
10.2.1	Dimensionamento della resistenza a flessione del palo.....	24
10.2.2	Verifica di compressione tra palo e terreno.....	25
10.2.3	Resistenza all'estrazione.....	26
11	STIMA DELL'INCIDENZA DELLA MANODOPERA.....	27
13	BIBLIOGRAFIA.....	28

# Le novità

Questo libro si propone di affrontare la tematica dell'ingegneria naturalistica concentrandosi soprattutto sugli aspetti della **tecnologia del legno** e sulla **metodologia di calcolo per il predimensionamento** delle opere di ingegneria naturalistica.

Avere a disposizione delle metodologie e degli strumenti rapidi ed efficaci, con i quali effettuare delle prime verifiche e valutare se le tecniche prescelte siano o meno in grado di risolvere le problematiche esaminate in ambito progettuale, è un obiettivo principe di questo libro.

**Attenzione:** il lettore o il progettista dovrebbero contestualizzare, correttamente, sia gli argomenti trattati, sia i risultati conseguenti le elaborazioni (calcoli), che vanno sempre e comunque calibrati alla situazione in esame, alle caratteristiche dell'opera prevista, alle problematiche riscontrate che necessitano, in fase esecutiva, di ulteriori ed approfondite verifiche.



Le tecniche analizzate

Palificata viva a doppia parete

Grata viva

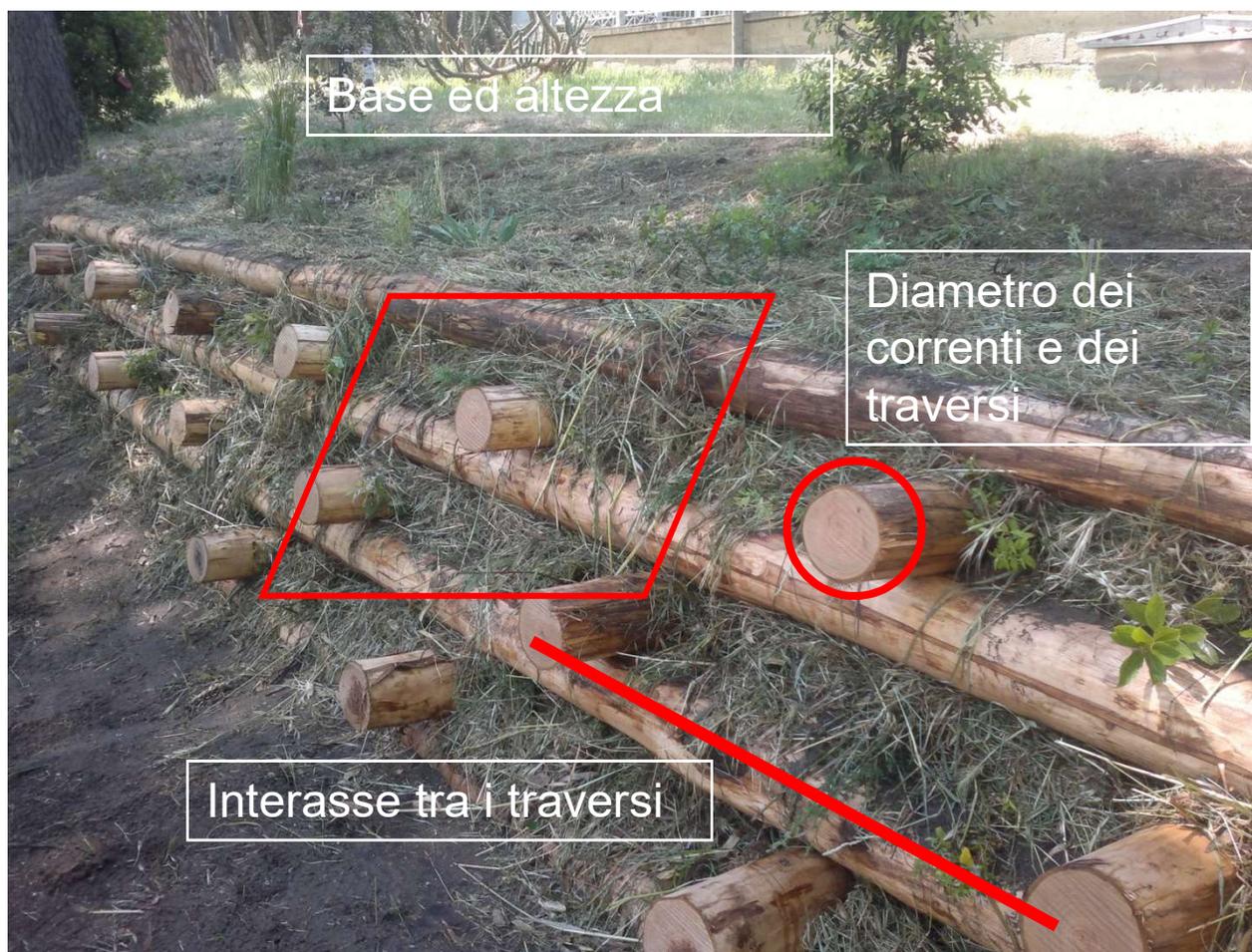
Palizzata viva

Gradonata viva

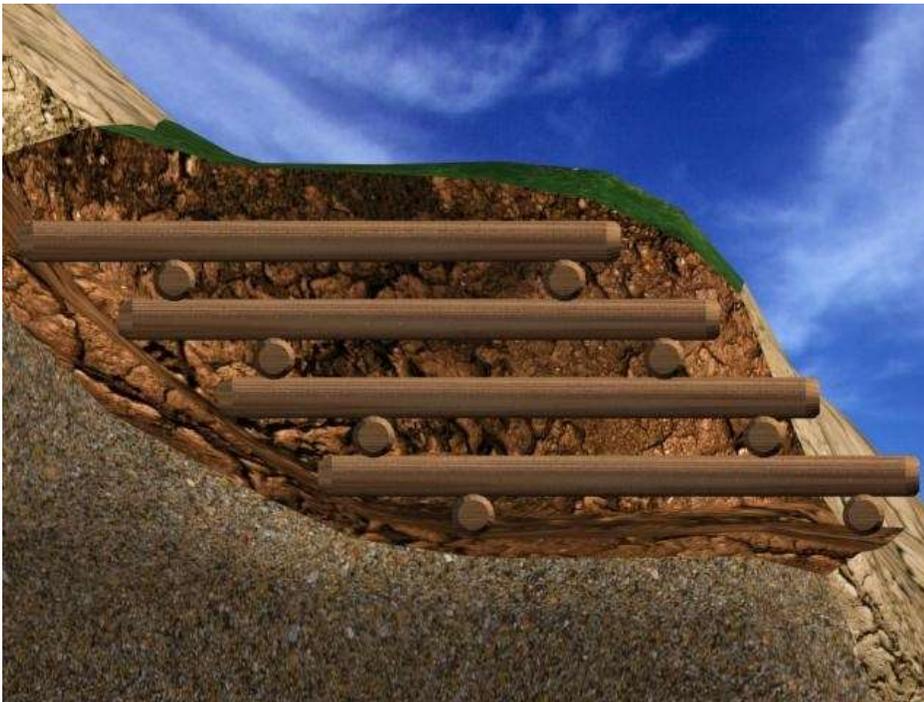
# La palificata viva a doppia parete



# La palificata viva a doppia parete



# La palificata viva a doppia parete



# Calcoli speditivi delle palificate

Per la palificata viva di sostegno  
- il calcolo del rapporto B/H ;

I DATI DA INSERIRE

$K_a$  può essere calcolato con la formula di Rankine e dipende dall'angolo d'attrito del terreno ( $\varphi$ )  
 $K_a = \tan(45^\circ - \varphi/2)$

$\varphi$ angolo attrito interno (gradi)	$45^\circ - \varphi/2$ (gradi)	$45^\circ - \varphi/2$ (radianti)	$\tan(45^\circ - \varphi/2)$	$K_a$	
30	30	0,523598776	0,577350269	0,333333333	
$\alpha$ inclinazione verso monte della base dell'opera rispetto all'orizzontale (gradi)	$\alpha$ (radianti)	$\cos\alpha$	$\cos^2\alpha$	$\tan\alpha$	$\tan^2\alpha$
10	0,174532925	0,984807753	0,96984631	0,17632698	0,0310912

$G_{rib}$ coefficiente di sicurezza al ribaltamento	1,5
$\gamma_t$ peso specifico terreno (kN/m <sup>3</sup> )	22,5
$\gamma_c$ peso specifico briglia (kN/m <sup>3</sup> )	20,5
$G_{sciv}$ Coefficiente di sicurezza allo scivolamento	1,3
$f$ Coefficiente attrito briglia e fondazione	0,75

$$\frac{B}{H} = \left( \sqrt{\frac{\tan^2 \alpha}{4} + G_{rib} \cdot \frac{\gamma_t}{3\gamma_c} \cdot \cos^2 \alpha \cdot K_a} - \frac{\tan \alpha}{2} \right)$$

$$\frac{B}{H} = \left( \sqrt{\frac{\tan^2 \alpha}{4} + \frac{1}{6} \cdot G_{rib} \cdot \cos^2 \alpha} - \frac{\tan \alpha}{2} \right)$$

$$\frac{B}{H} = \cos \alpha \left( \frac{G_{sciv} \cdot \frac{\gamma_t}{2\gamma_c} \cdot K_a \cdot \cos \alpha}{f + G_{sciv} \cdot \tan \alpha} \right)$$

$$\frac{B}{H} = \cos \alpha \left( \frac{1}{4} \frac{G_{sciv} \cdot \cos \alpha}{f + G_{sciv} \cdot \tan \alpha} \right)$$

# *Calcoli speditivi delle palificate*



# Calcoli speditivi delle palificate

## I RISULTATI

B/H (spinta del terreno)	0,34216628	RIBALTAMENTO
B/H (spinta idrostatica)	0,412070833	
B/H (spinta del terreno)	0,235527244	SCORRIMENTO
B/H (spinta idrostatica)	0,340268671	



# Calcoli speditivi delle palificate



- il calcolo del numero di metri di palo necessari per la costruzione di una palificata a parete doppia
- 

## CALCOLO METRI PALO, NUMERO CHIODI E NUMERO PICCHETTI NECESSARI PER LA REALIZZAZIONE DI UNA GRATA VIVA

### Si considerano:

1 chiodo per ogni incrocio.

2 picchetti \* incrocio + 2 picchetti \* estremità.

Per ogni palo, la grata termina con estremità lunghe 1 m.

Lunghezza (m)	Altezza (m)	Interasse dei pali verticali (m)	Interasse dei pali orizzontali (m)	numero pali verticali	numero pali orizzontali	metri pali verticali (m)	metri pali orizzontali (m)	Numero incroci	Metri totali pali (m)	Numero chiodi	Numero picchetti
22	22	4	4	6	6	132	132	36	264	36	120
<b>DATI INIZIALI</b>				<b>CELLE D'APPOGGIO</b>				<b>RISULTATI</b>			

<b>numero pali verticali</b>	$(\text{lunghezza} - 2) / \text{interasse pali verticali} + 1$
<b>numero pali orizzontali</b>	$(\text{altezza} - 2) / \text{interasse pali orizzontali} + 1$
<b>metri pali verticali</b>	$(\text{numero pali verticali}) * (\text{altezza})$
<b>metri pali orizzontali</b>	$(\text{numero pali orizzontali}) * (\text{lunghezza})$
<b>metri totali</b>	$(\text{metri pali verticali}) + (\text{metri pali orizzontali})$
<b>numero incroci</b>	$(\text{numero pali verticali}) * (\text{numero pali orizzontali})$
<b>numero chiodi</b>	numero incroci
<b>numero picchetti</b>	$(\text{numero incroci} * 2) + (\text{numero pali verticali} * 2) * 2 + (\text{numero pali orizzontali} * 2) * 2$

# Calcoli speditivi delle palificate

il calcolo del numero di chiodi necessari per la realizzazione di una palificata viva a parete doppia

## PALIFICATA VIVA DI SOSTEGNO

Lunghezza palificata	lunghezza correnti	lunghezza montanti	interasse montanti	numero piani	numero correnti	numero montanti	metri palo	numero chiodi
20	4	2	2	1	20	11	102	44
				2	30	23	166	92
				3	40	34	228	136
				4	50	46	292	184
				5	60	57	354	228
				6	70	69	418	276

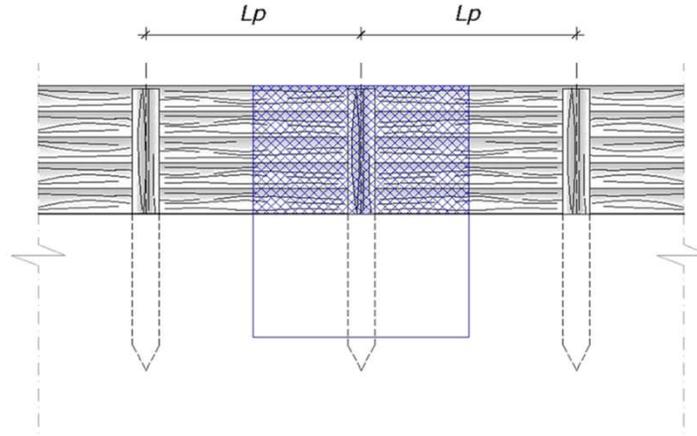
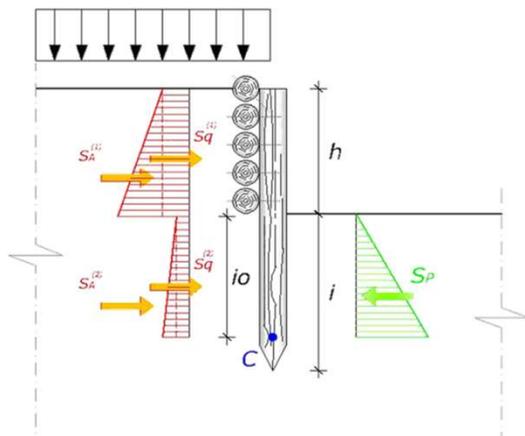
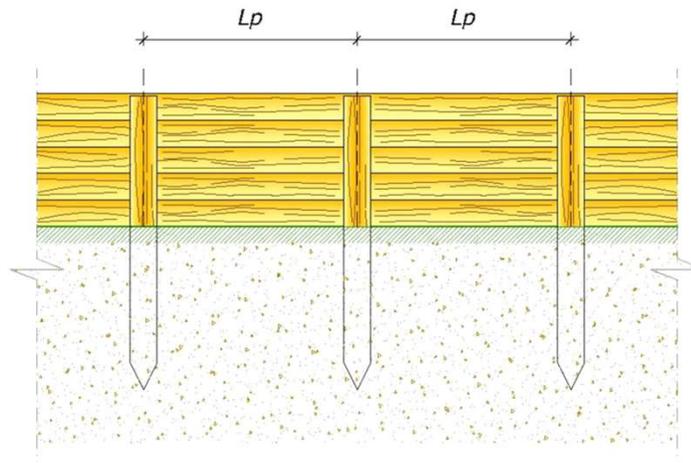
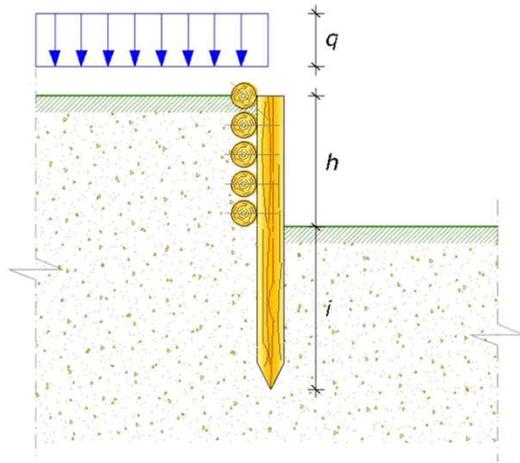
# Calcoli speditivi delle palificate

il calcolo del numero di chiodi necessari per la realizzazione di una palificata viva a parete doppia

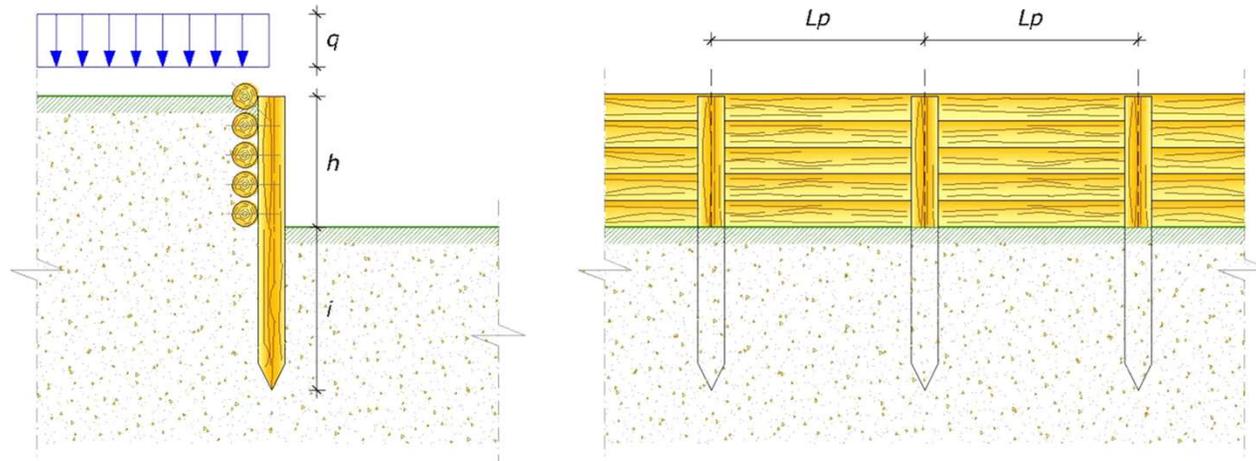
## PALIFICATA SPONDALE FLORINETH

Lunghezza palificata	lunghezza correnti	lunghezza montanti	interasse pali verticali	lunghezza pali verticali	numero piani	numero montanti	numero correnti	numero incroci	metri palo	numero chiodi
4	4	2	2	3,5	3	9	4	3	45	39

# Palizzata viva



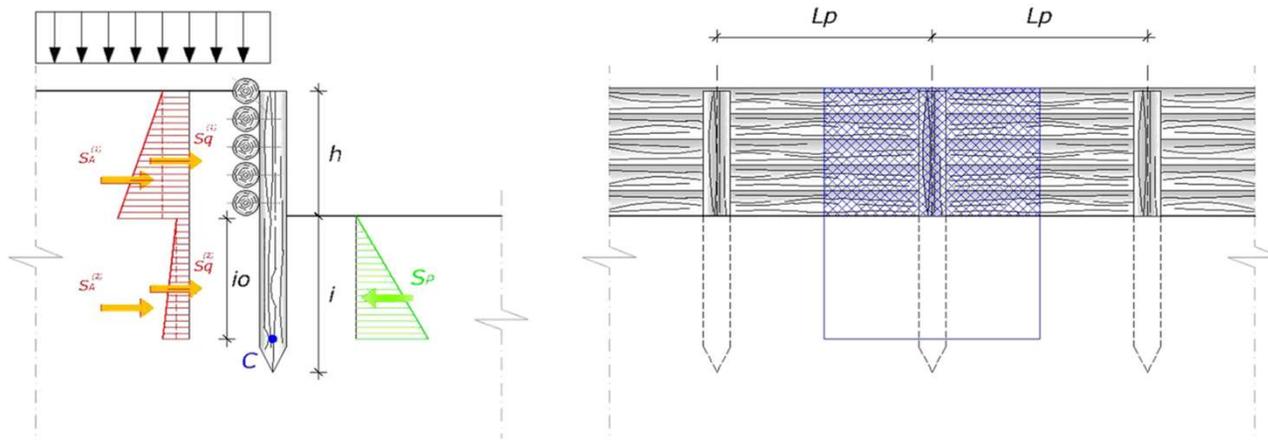
# Palizzata viva



Le verifiche sono effettuate applicando il metodo di Blum per le paratie a sbalzo (a mensola) nelle seguenti ipotesi:

- problema di deformazione piana*, attesa la lunghezza notevole dell'opera rispetto alla sua geometria trasversale;
- palizzata infinitamente rigida rispetto al terreno*;
- palizzata perfettamente verticale*;
- inclinazione nulla del terreno a valle e a monte della palizzata*;
- caratteristiche geotecniche del terreno costanti ed omogenee*, attesa la porzione limitata di terreno coinvolta nelle verifiche;
- comportamento meccanico del terreno definito dal solo angolo di attrito*;
- peso del terreno pari al peso specifico apparente o al peso specifico del terreno saturo*;
- sistema in condizioni drenate*;
- assenza di moti di filtrazione insistenti sull'area oggetto di studio*;
- assenza di condizioni di instabilità globale del pendio*.

# Palizzata viva



# Grata viva e grata Vesuvio : determinazione degli interassi



# *Grata viva e grata Vesuvio*

*Grata viva*

*Opera combinata di stabilizzazione e consolidamento di versante caratterizzati da uno strato di movimento poco profondo*

*L'intera struttura viene ancorata al versante tramite delle barre di ferro e picchetti in legno.*

*La grata viva è una cosiddetta opera di copertura : nei primi mesi , dopo l'esecuzione , essa non è in grado di stabilizzare la profondità del suolo . **Essa svolge una funzione di freno all'erosione superficiale su pendii** che sono troppo ripidi per l'inserimento di fascine o cordonate.*

*Da F. Florineth - dispense 2005*

*2° corso di I.N. – Ordine degli Ingegneri della Provincia di Napoli coordinato da Commissione Ambiente*

# *Grata viva e grata Vesuvio*

Per la grata viva:

- il calcolo della distanza ottimale (interasse) alla quale posizionare i pali orizzontali di una grata viva in relazione all'inclinazione di progetto e all'angolo di attrito interno del terreno ed alle sue caratteristiche ( materiale coerente e incoerente)
- lo stesso calcolo, come in precedenza, in relazione a terreni incoerenti
- il calcolo del numero di metri di pali necessari per la costruzione di una grata viva a parete semplice;
- il calcolo del numero di chiodi necessari per la realizzazione di una grata viva a parete semplice

File excel

# Grata viva

$$\text{Dist.} = \frac{\text{Diam. tondame}}{\tan (\text{ang. Prog} - \text{ang. Attr int})^\circ}$$

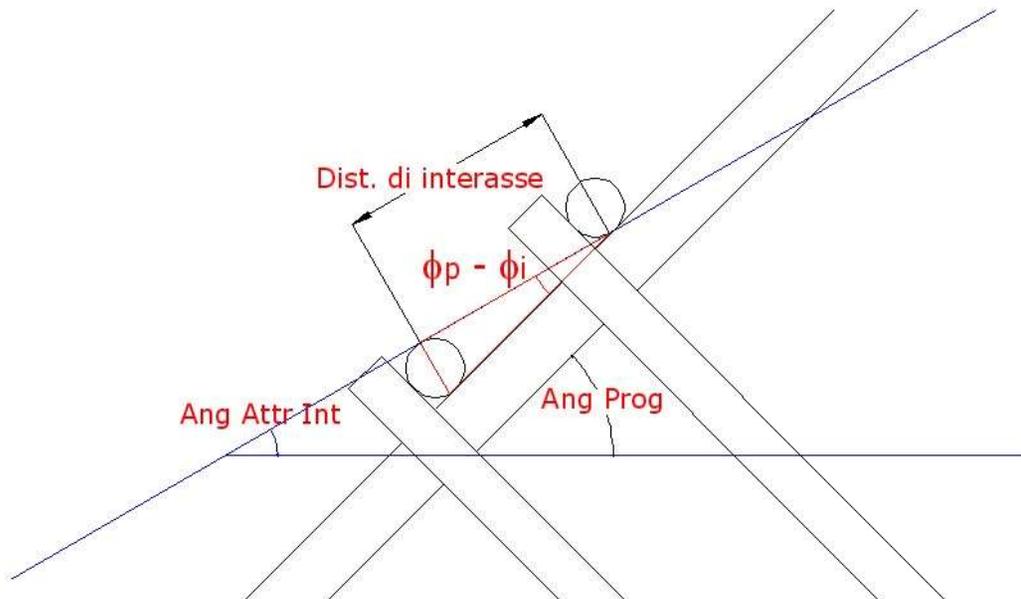


Foto P. Cornolini  
Grata viva con arbusti mediterranei.  
Punta Ala (GR)

# Grata viva

$\varphi$ angolo d'attrito interno terreno (gradi)	$\alpha$ inclinazione pendio (gradi)	diametro pali (cm)	$l$ distanza tra i pali orizzontali (m)
27	45	15	0,46

Per TERRENI COERENTI  
la formula sotto non vale

$$l = \frac{h}{\operatorname{tg}(\alpha - \varphi)}$$

# Grata viva

$\varphi$ angolo d'attrito interno terreno (gradi)	$\alpha$ inclinazione pendio (gradi)	diametro pali (cm)	$l$ distanza tra i pali orizzontali (m)
27	45	15	0,46

Questo foglio excel viene creato per determinare in modo speditivo la distanza tra i pali orizzontali di una grata viva.

$$l = \frac{h}{\operatorname{tg}(\alpha - \varphi)}$$

VALIDO SOLO NEL CASO DI TERRENI INCOERENTI

$l$  = distanza tra i pali orizzontali

$h$  = diametro dei pali

$\alpha$  = inclinazione pendio

$\varphi$  = angolo d'attrito interno del terreno

$\alpha$  può variare tra 35° e 55°

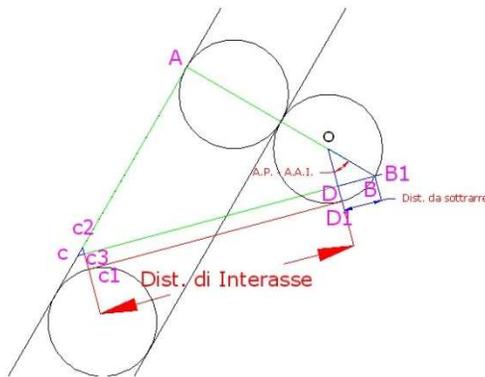
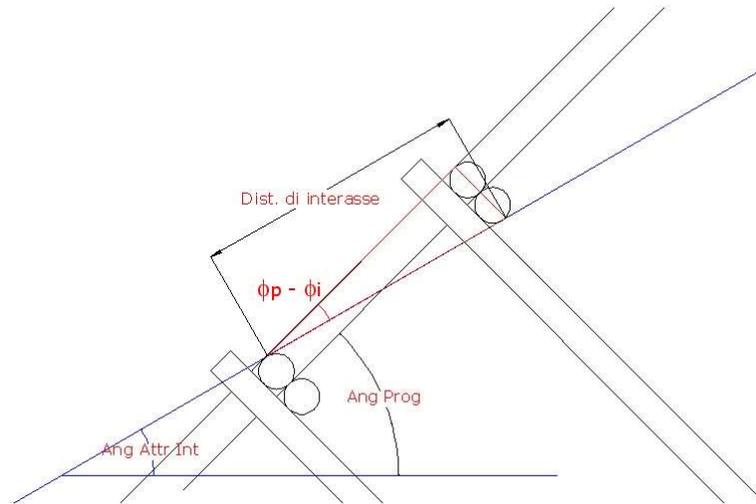
$h$  può essere 20 - 25 (cm)

Per  $h$  è bene non superare i 25 cm perché altrimenti i pali sono difficilmente maneggiabili,

non scendere al di sotto dei 20 cm altrimenti potrebbero insorgere problemi in corrispondenza delle chiodature (vedi trattazione delle gi

# Grata Vesuvio

$$\text{Dist.} = \frac{2 \times \text{Diam. tonname}}{\text{Sen} (\text{ang. Prog} - \text{ang. Attr})^\circ} - (\text{Sen} (\text{ang. Prog} - \text{ang. Attr})^\circ) \times R. \text{ tonname}$$



intervento di stabilizzazione di un versante nel PARCO NAZIONALE DEL VESUVIO foto e intervento di G. Menegazzi

# Grata viva e grata Vesuvio

		Angolo di Attrito interno ( ° )					
		15	20	25	30	35	40
Angolo di progetto ( ° )	20	343					
	25	171	343				
	30	114	171	343			
	35	85	114	171	343		
	40	67	85	114	171	343	
	45	56	67	85	114	171	343
	50	47	56	67	85	114	171
	55	41	47	56	67	85	114
	60	36	41	47	56	67	85

interasse (cm)

Tabella interassi per paleria di castagno scortecciato da diametro medio 14-15 cm relativa alla tipologia Grata Viva Vesuvio Secondo Menegazzi elaborata da G.Menegazzi-H.Pires



# Grata viva

- il calcolo del numero di metri di pali necessari per la costruzione di una grata viva a parete semplice;
- il calcolo del numero di chiodi necessari per la realizzazione di una grata viva a parete semplice

## CALCOLO METRI PALO, NUMERO CHIODI E NUMERO PICCHETTI NECESSARI PER LA REALIZZAZIONE DI UNA GRATA VIVA

Si considerano:

1 chiodo per ogni incrocio.

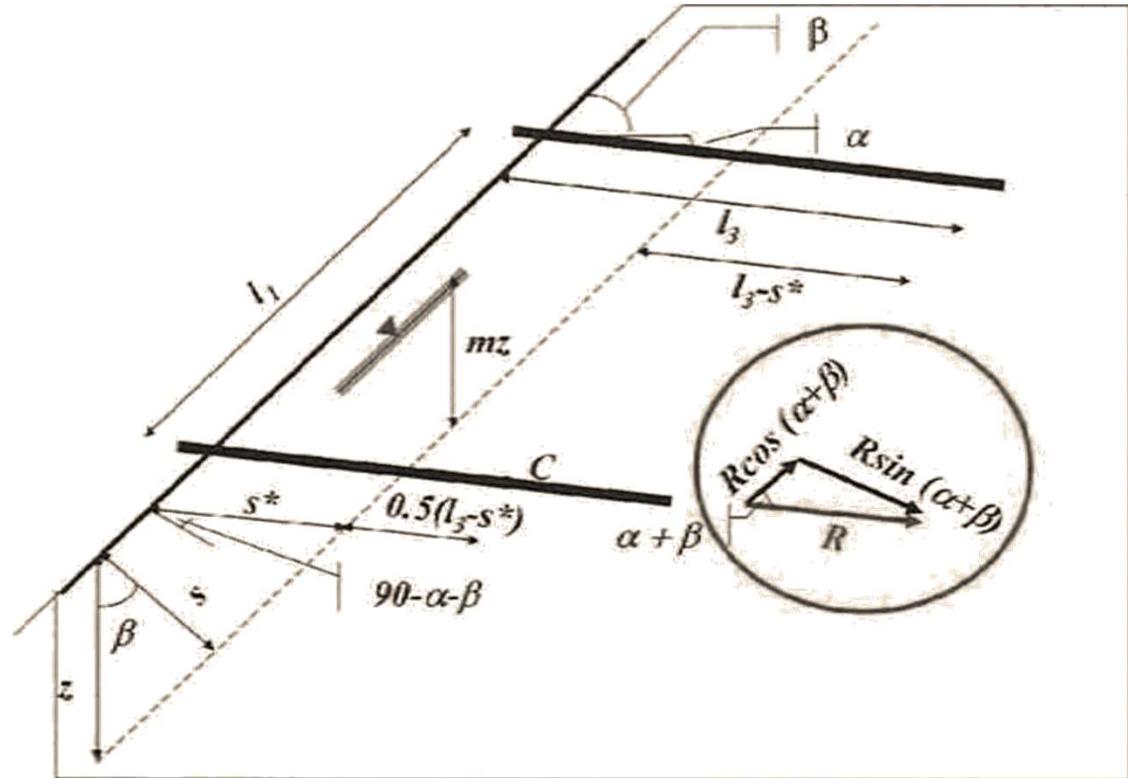
2 picchetti \* incrocio + 2 picchetti \* estremità.

Per ogni palo, la grata termina con estremità lunghe 1 m.

Lunghezza (m)	Altezza (m)	Interasse dei pali verticali (m)	Interasse dei pali orizzontali (m)	numero pali verticali	numero pali orizzontali	metri pali verticali (m)	metri pali orizzontali (m)	Numero incroci	Metri totali pali (m)	Numero chiodi	Numero picchetti
22	22	4	4	6	6	132	132	36	264	36	120
<b>DATI INIZIALI</b>				<b>CELLE D'APPOGGIO</b>				<b>RISULTATI</b>			

<b>numero pali verticali</b>	$(\text{lunghezza} - 2) / \text{interasse pali verticali} + 1$
<b>numero pali orizzontali</b>	$(\text{altezza} - 2) / \text{interasse pali orizzontali} + 1$
<b>metri pali verticali</b>	$(\text{numero pali verticali}) * (\text{altezza})$
<b>metri pali orizzontali</b>	$(\text{numero pali orizzontali}) * (\text{lunghezza})$
<b>metri totali</b>	$(\text{metri pali verticali}) + (\text{metri pali orizzontali})$
<b>numero incroci</b>	$(\text{numero pali verticali}) * (\text{numero pali orizzontali})$
<b>numero chiodi</b>	numero incroci
<b>numero picchetti</b>	$(\text{numero incroci} * 2) + (\text{numero pali verticali} * 2) * 2 + (\text{numero pali orizzontali} * 2) * 2$

# Gradonata viva



# Gradonata viva

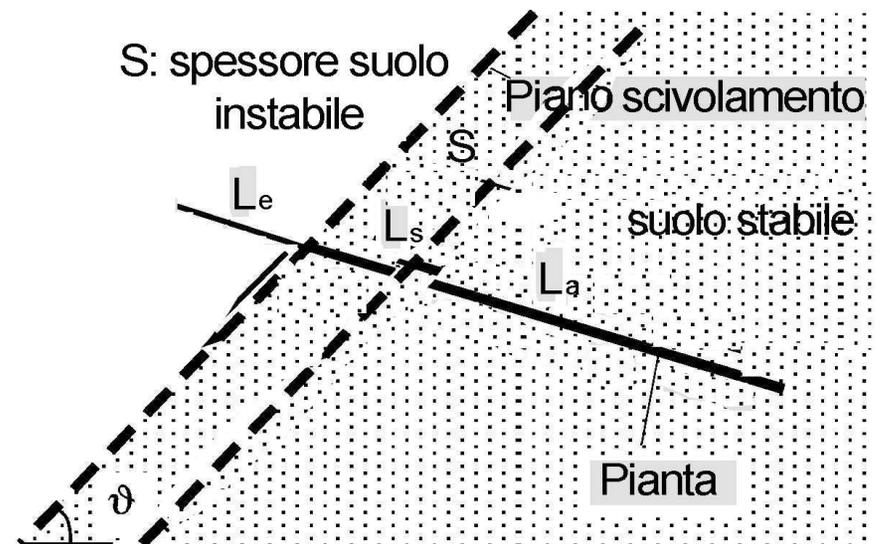
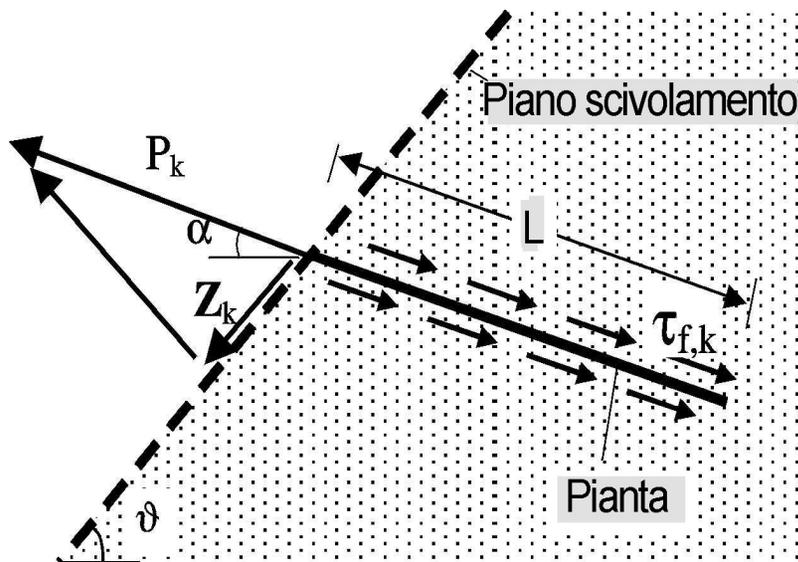


### Calcolo dimensione minima diametro talea in gradonata viva

larghezza striscia di calcolo	1	m
interasse tra gradoni	1	m
spessore terreno instabile	0,3	m
peso specifico terreno	1800	kg/m <sup>3</sup>
Peso totale gravante sulle talee	540	kg
numero talee di progetto	10	num
carico per ogni talea	54	kg
carico per ogni talea	540	N
resistenza a taglio della talea	3,5	N/mm <sup>2</sup>
sezione minima talea	196,54	mm <sup>2</sup>
diametro minimo talea	1,40	cm
	14,02	mm

### Verifica sfilamento parte viva

inclinazione versante $\phi$	28	gradi
inclinazione piano di posa talea $\alpha$	10	gradi
W peso volume mobilitato	54	kg
W / $\cos(\phi+\alpha)$	69	kg
W / $\cos(\phi+\alpha)$	685,3	N/mm <sup>2</sup>
diametro parte viva	14,0	mm
attrito laterale legno-terra	0,16	Mpa
coefficiente di sicurezza imposto	1,3	num
L ancoraggio minima	63	cm
L spessore instabile	30	cm
L esterna	15	cm
L totale talea minima	108	cm



Nella tabella di fianco sono riportati i valori per diverse tipologie di terreno, caratterizzati da angoli di resistenza al taglio di 27°, 30°, 35° e 40°, senza considerare, in via cautelativa, l'eventuale coesione del terreno ed adottando un peso specifico del terreno di 20 kN/m<sup>3</sup> (in tali casi il fattore di sicurezza – FS – per versanti non sistemati è sempre inferiore a 1,3, salvo il caso di un terreno con  $\varphi$  di 40° e inclinazione 25°). I calcoli sono stati effettuati per un grado di saturazione 0,7 e per profondità di 50 cm e 70 cm, ponendosi nella condizione di fine lavori, trascurando cioè il contributo delle radici ( Bischetti e Vitali 2001).

I campi vuoti della tabella indicano quindi situazioni in cui non è necessario intervenire in quanto stabili.

z = profondità del piano di scivolamento

m = grado di saturazione con acqua del suolo

$\varphi$  = angolo di attrito interno del terreno

Il valore indica la distanza tra gradoni

m=0.7	$\Phi=27$		$\Phi=30$		$\Phi=35$		$\Phi=40$	
	z =0.5	z =0.7						
25	4.0	-	4.5	-	7.0	-	10.0	-
30	4.5	-	4.5	-	7.0	-	10.0	-
35	4.5	2.5	5.0	2.5	7.5	2.5	9.0	3.0
40	4.5	2.5	5.0	2.5	7.5	2.5	9.0	4.0
45	4.5	2.5	5.5	2.5	8.5	3.0	9.0	4.5

# Chiodature

**Lo spessore dei legni deve risultare adeguato anche in rapporto al diametro (d) dei ferri utilizzati.**

Nel caso di direzione di applicazione del **carico ortogonale alla fibratura** (situazione che interessa i tronchi trasversali), si assume un valore pari ad almeno  $7d$ , che risulta certamente corretto anche per casi di angolo fra la direzione delle forze applicate e fibre diverso dai  $90^\circ$  (Giordano, Ceccotti, Uzielli, 1999)

per ogni direzione di applicazione del carico che **solleciti la giunzione** risulta adeguato un valore pari ad almeno  $12d$  (Giordano, Ceccotti, Uzielli, 1999)



# Chiodature

Dimensionamento chiodi e distanza di applicazione

chiodo	preforo	palo
diametro minimo in mm	distanza minima dalla estremità della testa del palo	dimensione minima del palo
d	$14 Dn = \alpha'$	$15 Dn = \phi = 2\alpha + \delta$
10	14,00	15,00
12	16,80	18,00
14	19,60	21,00
16	22,40	24,00
18	25,20	27,00
20	28,00	30,00
22	30,80	33,00

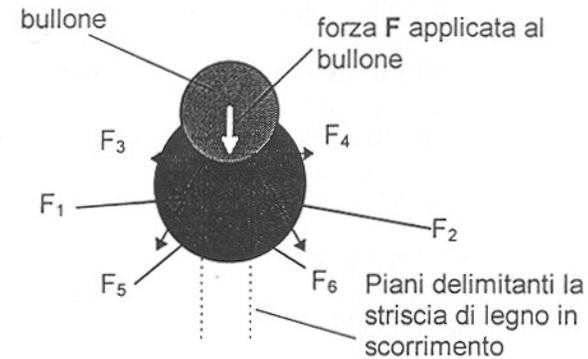
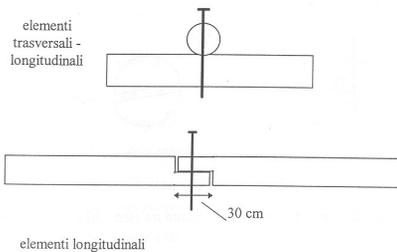
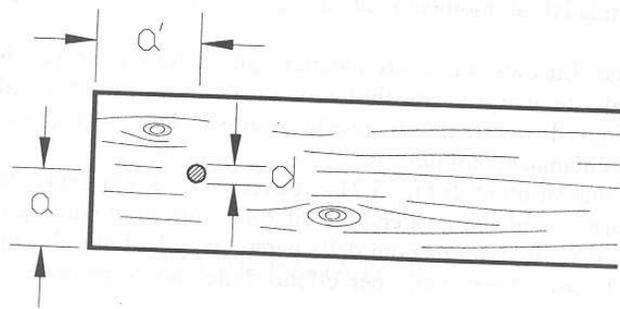


Figura 4.13: Diagramma di forze di Scapper.

**Il semplice foglio di calcolo predisposto, partendo dal diametro del tondino di ferro acciaioso ad aderenza migliorata determina il diametro minimo del palo impiegabile e la distanza minima a cui si può effettuare il foro per il chiodo dalla testa del palo.**

File excel



# Chiodature

Tab. 3.20 — Chiodi: interassi e distanze-valori

	Giunti legno-legno per conifere con $l_k \leq 400 \text{ kg/m}^3$ senza preforatura	Giunti legno-legno per conifere e latifoglie con preforatura	Giunti legno-legno per conifere con $400 < l_k \leq 500 \text{ kg/m}^3$ senza preforatura
	Acciaio-legno senza preforatura	Acciaio-legno con preforatura	
$a_1$	nella direzione della fibratura 10d 12d per $d \geq 5 \text{ mm}$	7d(*)	15d
$a_2$	$\alpha = 0^\circ$	5d	3d
	$\alpha \neq 0^\circ$	5d	4d
$a_{3t}$	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ lato caricato	$(10 + 5 \cos \alpha) d$	$(7 + 5 \cos \alpha) d$
$a_{3c}$	$90^\circ < \alpha < 270^\circ$ lato scarico	10d	7d
$a_4$	$90^\circ \leq \alpha \leq 150^\circ$ lato caricato	10d sen $\alpha$	$(1 + 6 \text{ sen } \alpha) d$
$a_4$	$\alpha = 0^\circ$ e $180^\circ$	5d	3d
	tutti gli altri angoli $\alpha$	5d	4d
			7d

(\*) La distanza  $a_1$  può essere ridotta ad un minimo di 5d se si considera una riduzione della capacità portante del fattore  $\sqrt{a_1/7d}$ . Per il significato di  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$  e  $a_4$  si veda la Fig. 3.2.



**il calcolo del diametro minimo dei pali impiegati in relazione al diametro dei tondini di ferro acciai ad aderenza migliorata impiegati per le chiodature**

- la distanza minima dalla testa del tronco al quale effettuare il foro per la chiodatura per garantirne la tenuta

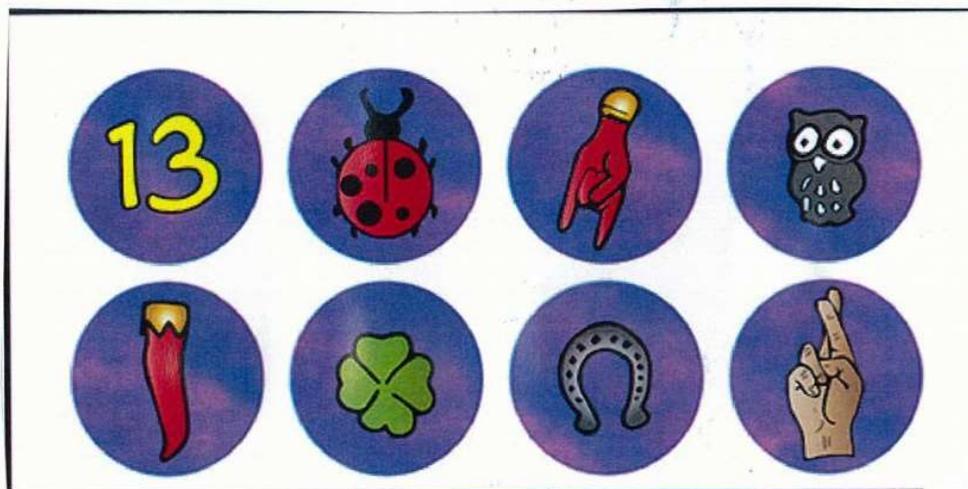




# Conclusioni

Tale manuale vuole pertanto essere uno strumento facile ed efficace, messo a disposizione per gli operatori del settore e con il quale poter effettuare delle prime verifiche e determinare se le problematiche presenti possono essere risolte con le tecniche prese in esame o meno sin dalla fase iniziale di progetto nelle more di indagini ed approfondimenti necessari.

## STRUMENTI DI CALCOLO NON IDONEI PER IL PREDIMENSIONAMENTO!!!



**grazie per l'attenzione**



[http://www.regione.lazio.it/rl\\_ingegneria\\_naturalistica/sala\\_stampa/news\\_dettaglio.php?id=397](http://www.regione.lazio.it/rl_ingegneria_naturalistica/sala_stampa/news_dettaglio.php?id=397)