

ECOMED Roma 6 ottobre 2017
Paolo Cornelini e Giuliano Sauli
AIPIN

**Presentazione “Compendio di ingegneria
naturalistica per docenti
e professionisti: analisi, casistica ed elementi di
progettazione”**

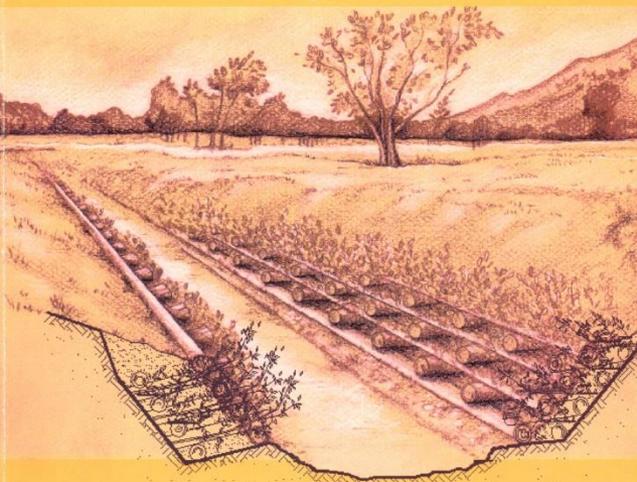
free download [Sito Regione Lazio](#)

DELIBERA GIUNTA REGIONE
LAZIO 4340 MAGGIO 1996
SULL'INGEGNERIA
NATURALISTICA



Regione Lazio

Assessorato per l'Ambiente
Dipartimento Ambiente e Protezione Civile



**Manuale di Ingegneria
Naturalistica**

Applicabile al settore idraulico



Regione Lazio

Assessorato per l'Ambiente
Dipartimento Ambiente e Protezione Civile



**Manuale di Ingegneria
Naturalistica**

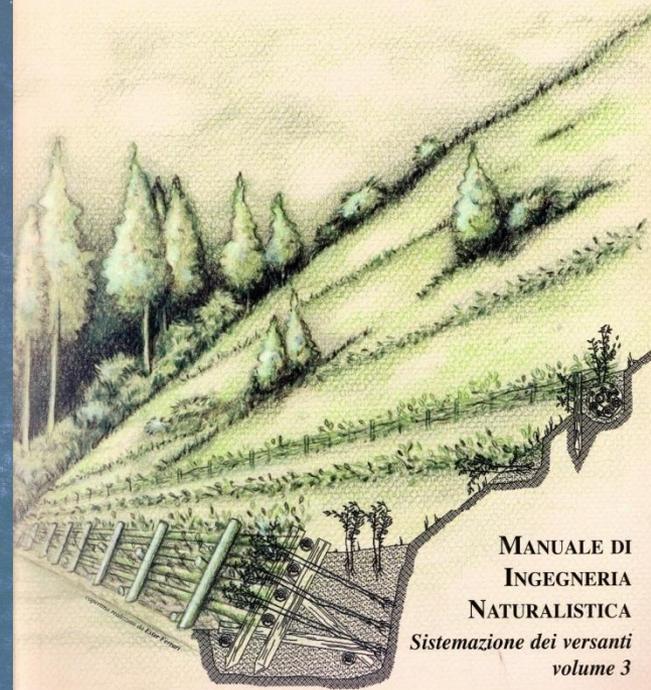
volume 2

*Applicabile ai settori delle strade, cave,
discariche e coste sabbiose*



Regione Lazio

Assessorato all'Ambiente e Cooperazione tra i Popoli
Direzione Regionale Ambiente e Cooperazione tra i Popoli



**MANUALE DI
INGEGNERIA
NATURALISTICA**

*Sistemazione dei versanti
volume 3*

**I Manuali sono scaricabili dal sito:
www.regione.lazio.it**



REGIONE LAZIO
Assessorato all'Ambiente e Cooperazione tra i Popoli
Direzioni Ambiente e Cooperazione tra i Popoli
Area Difesa del Suolo

**MANUALE DI INGEGNERIA NATURALISTICA
PER LE SCUOLE SECONDARIE**



a cura di
PAOLO CORNELINI e ROBERTO FERRARI

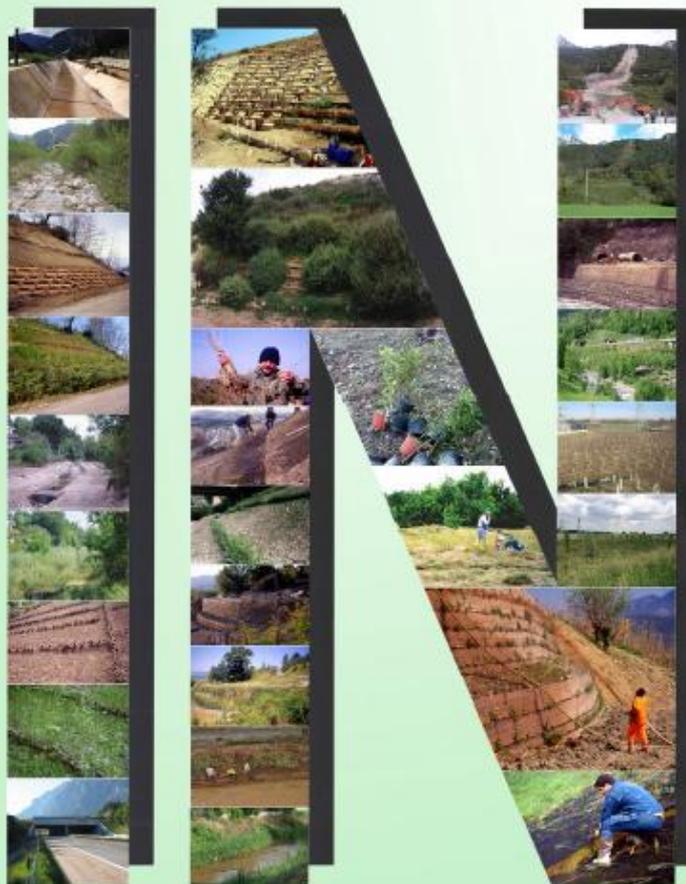


**PRINCIPI,
METODI E DEONTOLOGIA
DELL'INGEGNERIA NATURALISTICA**





REGIONE
LAZIO



COMPENDIO DI INGEGNERIA NATURALISTICA
per docenti e professionisti:
analisi, casistica ed elementi di progettazione

Compendio di Ingegneria Naturalistica per docenti e professionisti:
analisi, casistica ed elementi di progettazione

A cura di:



Assessorato alle Infrastrutture, alle Politiche Insediative e all' Ambiente: l'Assessore Fabio Refrigeri
Direzione Regionale Infrastrutture, Ambiente e Politiche Abitative: il Direttore ing. Mauro Lasagna
Area Difesa del Suolo e Bonifiche: il Dirigente ad interim dott. Aldo Palombo
Responsabile del Procedimento e scientifico: Francesco Gubernale (fino al 6/2/2014)
Responsabile del Procedimento: Claudio Biccocchi
Supervisione tecnico-operativa: Simona De Bartoli

Autori:

Paolo CORNELINI
Ingegnere e Dottore Naturalista – Presidente AIPIN Sez. Lazio

Giuliano SAULI
Dottore Naturalista – Presidente Nazionale AIPIN

Contributi specialistici:

O. IACOANGELI
G. PIRRERA
S. PUGLISI
F. PRETI
L. RUGGIERI
R. SANTOLINI

Grafica:

L. COCIANCICH
O. IACOANGELI
V. ZAGO

Ringrazianti:

Teresa Corda
Maurizio Minasi
Lorenzo Pellizzari
Tutti i colleghi e amici che hanno fornito le foto



ASSOCIAZIONE
ITALIANA
PER LA
INGEGNERIA
NATURALISTICA

Coordinamento Tecnico scientifico e Patrocinio

Giugno 2015 - Distribuzione gratuita

3 parti
14 capitoli + 3 appendici
710 pagine
700 foto
40 tecniche descritte

1. PRINCIPI, DEFINIZIONI E METODI DELL'INGEGNERIA NATURALISTICA	8
2. ANALISI BOTANICA	11
2.1 <i>Introduzione</i>	11
2.2 <i>Analisi bioclimatica</i>	13
2.3 <i>Analisi botanica: flora e vegetazione</i>	16
2.3.1 <i>Analisi floristica</i>	17
2.3.2 <i>Analisi fitosociologica</i>	21
2.3.3 <i>Serie dinamica della vegetazione</i>	24
2.3.4 <i>Cartografia della vegetazione</i>	27
2.4 <i>Il progetto botanico</i>	30
2.4.1 <i>Criteri di scelta delle specie</i>	30
2.4.1.1 <i>Le specie autoctone</i>	30
2.4.1.2 <i>Compatibilità ecologica con i caratteri stazionali: gli indici di Ellenberg</i>	31
2.4.1.3 <i>Specie a determinati stadi della serie di vegetazione</i>	33
2.4.1.4 <i>Le proprietà biotecniche</i>	33
2.4.2 <i>Le tipologie vegetazionali di riferimento</i>	33
Appendice - Il vivaio forestale del consorzio di bonifica della Maremma etrusca	45
3. BIOTECNICA DELLE SPECIE VEGETALI	52
3.1 <i>Proprietà tecniche</i>	52
3.1.1 <i>Resistenza delle radici</i>	54
3.2 <i>Proprietà biologiche</i>	57
3.3 <i>Morfometria degli apparati radicali: primi risultati sperimentali</i>	69
3.4 <i>Conclusioni</i>	72
4. ANALISI GEOLOGICO-GEOTECNICHE APPLICATE AGLI INTERVENTI DI INGEGNERIA NATURALISTICA	74
4.1 <i>Premessa</i>	74
4.2 <i>Processi di modellamento dei versanti</i>	74
4.2.1 <i>Introduzione</i>	74
4.2.2 <i>Dilavamento superficiale</i>	75
4.2.3 <i>Movimenti lenti del regolite</i>	78
4.2.4 <i>Cenni di Evoluzione dei versanti</i>	80
4.2.4.1 <i>Nomenclatura e classificazione - Schemi dei principali tipi di movimenti franosi, la classificazione delle frane di Cruden & Varnes (1996)</i>	81
4.2.4.2 <i>Casistica degli interventi di ingegneria naturalistica (I.N.) utilizzabili nei diversi tipi di dissesto</i>	88
4.3 <i>Procedura di analisi finalizzata all'inquadramento geologico generale di un sito: Fase Conoscitiva</i>	91
4.3.1 <i>Normativa di riferimento</i>	91
4.3.2 <i>Reperimento ed analisi dei dati bibliografici</i>	92
4.3.3 <i>Modello Geologico</i>	92
4.4 <i>Utilizzo del metodo usle applicato agli interventi di ingegneria naturalistica</i>	93
4.4.1 <i>Valutazione quantitativa dell'erosione: l'equazione USLE di Wischmeier-Smith</i>	93
4.4.1.1 <i>Definizione dei parametri</i>	93
Allegato-Esempio di calcolo USLE come aiuto nelle scelte di sistemazione del territorio	94
Allegato-Caso di studio: verifica di stabilità di una scarpata artificiale e proposta di sistemazione ed inserimento paesaggistico	105
5. IDRAULICA	116
5.1 <i>Il corso d'acqua e' un ecosistema</i>	116
5.2 <i>Analisi delle componenti dell'ecosistema</i>	118

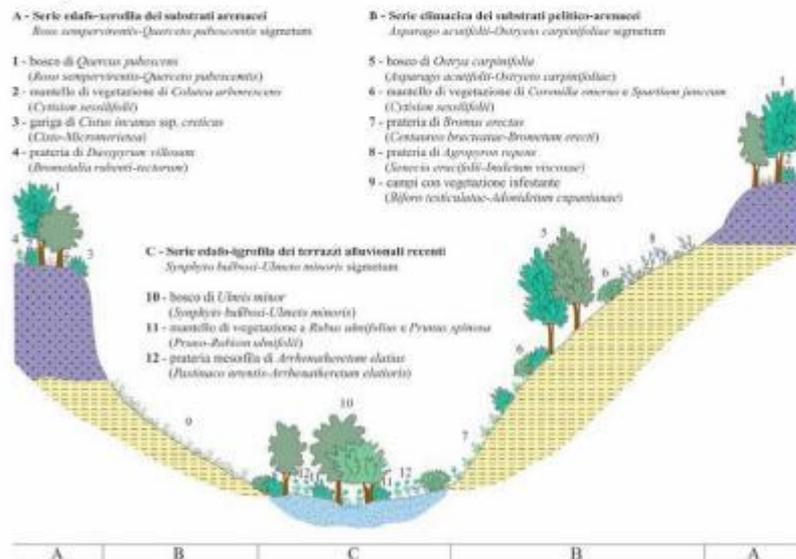
5.2.1 <i>Geomorfologia</i>	118
5.2.2 <i>Regime idrico</i>	121
5.2.3 <i>Qualità delle acque</i>	122
5.2.4 <i>Vegetazione</i>	123
5.2.5 <i>Fauna ittica</i>	125
5.3 <i>La scheda di valutazione speditiva della qualità ecomorfologica di un corso d'acqua</i>	127
5.3.1 <i>Guida illustrata alla compilazione della scheda di valutazione speditiva della qualità ecomorfologica di un corso d'acqua</i>	133
6. ELEMENTI DI PROGETTAZIONE NATURALISTICA PER IL RECUPERO ECOMORFOLOGICO	169
6.1 <i>Principi generali</i>	169
6.2 <i>Spazio di libertà del corso d'acqua</i>	172
6.3 <i>Lunghezza minima dell'intervento</i>	173
7. IDRAULICA APPLICATA ALLA RINATURAZIONE DEI CORSI D'ACQUA	188
7.1 <i>Moto permanente e moto uniforme</i>	188
7.2 <i>Esercizi</i>	200
8. IDRAULICA - 2ª parte	210
8.1 <i>La instabilità degli alvei</i>	210
9. LE SISTEMAZIONI IDRAULICO-FORESTALI PER LA CORREZIONE DEGLI ALVEI TORRENTIZI	245
10. LE TECNICHE DI INGEGNERIA NATURALISTICA NELLE SISTEMAZIONI SPONDALI	260
10.1 <i>Valutazione del contenuto di ingegneria naturalistica di una opera : Indice di IN</i>	268
10.2 <i>Regole per buone pratiche negli interventi sui corsi d'acqua</i>	269
10.3 <i>Schede di interventi tipo</i>	271
11. IDRAULICA APPLICATA ALL'INGEGNERIA NATURALISTICA	279

**NECESSITÀ DI ANALISI
AMBIENTALI ADEGUATE**



Foto 9: Processi dinamici di colonizzazione di una falda di detrito da parte della vegetazione mediterranea nella maremma grossetana, nella fase del cespuglieto rado. Foto P. Cornelini

Accanto alla serie di vegetazione climacica correlata prevalentemente con le precipitazioni medie, possono svilupparsi una o più serie edaofite (Biondi e Blasi, 2004b) distinte in serie edaioigrofile, caratterizzate da una maggiore umidità nel suolo corsi d'acqua, base dei versanti, ecc.), e serie edafoxerofile, caratterizzate da una maggiore aridità rispetto alle condizioni medie locali (versanti più inclinati, rocce affioranti, ecc., figura, Manuali e Linee Guida ISPRA n.65/2010)



Esempio di geosigmeto del settore collinare anconetano, costituito da tre serie di vegetazione: una serie edafo-xerofila (A) sui substrati arenacei, una serie climatica (B) sui versanti pelitico-arenacei, una serie edafo-igrofila (C) sui terrazzi alluvionali recenti (da Biondi e Allegranza, 1996).

		
<p>Pistacia lentiscus L. - Lentisco, Stinca</p>		
<p>APPARATO RADICALE</p>	<p>Parametri strutturali (cm)</p>	
<p>Spessore fusto a 20 cm = 12 mm.</p>	<p>L. radice principale = 272 cm.</p>	<p>Spessore radice principale > 18 cm.</p>
<p>Spessore radice principale > 18 cm.</p>	<p>Lunghezza media radichette = 13 cm.</p>	<p>Spessore radichette < 1 mm.</p>
<p>Amplezza radicale = 152 cm.</p>	<p>Profondità radicale > 181 cm.</p>	<p>Amplezza tronca = 41 cm.</p>
<p>H = 57 cm.</p>	<p>Profondità radicale > 181 cm.</p>	<p>Diametro della fossa > 190 cm.</p>

Foto 72: Scheda di *Pistacia lentiscus* e misure prese utilizzando il pannello metrico.



Amplezza tronca = 41 cm

H = 57 cm

Profondità radicale > 181 cm

Diametro della fossa > 190 cm

Profondità radicale > 181 cm

Conglomerati scabidi
Pianta in frons aerea
con apparato radicale
in parte esterno,
lignificato,
con tratti di necrosi
in corso

12.7.2.006
Polizzi Generosa (Parco della Madonna)
C.da S. Paolo

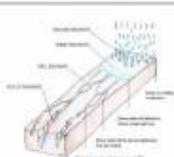
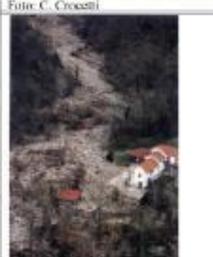
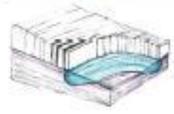
Spessore fusto a 20 cm = 12 mm.
L. radice principale = 272 cm.
Spessore radice principale > 18 cm.
Lunghezza media radichette = 13 cm.
Spessore radichette < 1 mm.

Amplezza radicale = 152 cm

Foto 73: Calicotome spinosa. Foto G. Pirrera

La elaborazione dei dati ha imposto la ricerca di indici rappresentativi dell'apparato radicale per valutare la stabilità della pianta. (Pirrera G. 2006, "Protocollo per il rilievo in pieno campo e morfometria degli apparati radicali" - Appendice Tesi di Laurea Claudio Cuti (A.A. 2005 - 2006) Università degli studi di Palermo)

Geotecnica

Correlazione tra dissesti e possibilità di intervento				
Meccanismo di dissesto	Schema grafico	Foto	Interventi di sistemazione con tecniche tradizionali	Sistemazione con tecniche di Ingegneria Naturalistica
Dilavamento o erosione superficiale		 Foto: P. Corbelli		Inerbimenti (semine ed idrosemine), stuoie naturali e sintetiche con funzione antierosiva, messa a dimora di arbusti
Sevolamenti planari superficiali (che interessano poche decine di cm di spessore)		 Foto: C. Crocetti		Sistemi drenanti con tecniche naturalistiche, interventi di stabilizzanti, rivegetazione della superficie sistemata
Sevolamenti rotazionali (che interessano pochi m di spessore)		 Foto: C. Crocetti	Muri di contenimento anche tiranti, micropali	Drenaggi, palificate vive, scogliere rinvendite, terre rinforzate rinvendite, sistemazioni antierosive, messa a dimora di arbusti sulla superficie sistemata
Calate		 Foto: Gioplamaria	Muri di contenimento	Palificate vive, viminate, graticciate, piantagione di arbusti autoctoni, inerbimento della superficie sistemata
Crolli		 http://www.nocerini.it Frans Montefeltri-San Leo (RN)	Chiodature, tiranti, posa di barriere paramassi	
Ribaltamenti		 https://www.parcourmetier.fr/ Frans spiaggia di Saint-Jouin-Bruneval (Francia)	Chiodature, tiranti, muri di sostegno	

Tab. 4.3: schema riassuntivo tra i diversi dissesti e le possibili soluzioni (O. Iacoangeli)

A,1-Esempio numerico di applicazione del metodo ad un versante nel caso ante-operam

Parametri ricavati dall'utilizzo del programma di calcolo:

$R = 4065,46$ S. Units (MJ*mm)/(ha*hour*year)

$K_{\text{approssimato}} = 0,0167$ S. Units (t*ha*hour)/(ha MJ*mm)

Il programma permette la scelta tra 3 diversi tipi di calcolo, più o meno approssimati. Poiché la determinazione delle caratteristiche pedologiche era stata eseguita con metodo speditivo si è fatto riferimento al calcolo di $K_{\text{approssimato}}$.

Fattori distinti per il bosco misto:

Fattore LS (bosco misto) = 4,95464 adimensionale

Fattore C (bosco misto) = 0,005 adimensionale (valore intermedio tra 2 tipi di boschi misti con diverse percentuali di copertura aerea e lettiera).

Fattore P (bosco misto) = 1 adimensionale

Risultato finale del calcolo:

UNIVERSAL SOIL LOSS EQUATION CALCULATOR							
R factor (SI units)	K factor	L factor	S factor	CM factor	P factor	t/ha/y	tons/acre/y
4065,46	0,017	3,062	1,771	3,062	1,000	1,7	0,75
R factor (U.S. units)	K factor	L factor	S factor	CM factor	P factor	tons/acre/y	t/ha/y
376,98	0,127	3,062	1,771	3,062	1,000	0,75	1,7

Fig. 4.19: Valore di perdita di suolo con il bosco misto

Fattori distinti per il pascolo degradato:

Fattore LS (pascolo degradato) = 3,53339 adimensionale

Fattore C (pascolo degradato) = 0,05 adimensionale

Fattore P (pascolo degradato) = 1 adimensionale

Risultato finale del calcolo:

UNIVERSAL SOIL LOSS EQUATION CALCULATOR							
R factor (SI units)	K factor	L factor	S factor	CM factor	P factor	t/ha/y	tons/acre/y
4065,46	0,017	3,062	1,771	3,062	1,000	12,0	5,35
R factor (U.S. units)	K factor	L factor	S factor	CM factor	P factor	tons/acre/y	t/ha/y
376,98	0,127	3,062	1,771	3,062	1,000	5,35	12,0

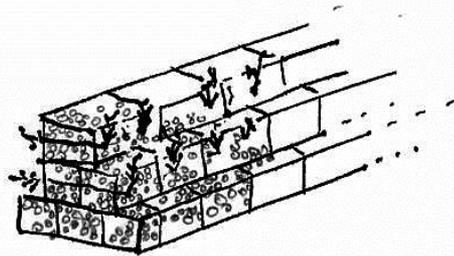
Fig. 4.20: Valore di perdita di suolo con il pascolo degradato

METODOLOGIA EZIOLOGICA RIGOROSA nella ricerca delle cause dei processi e non solo degli effetti

IN= geomorf+vegetaz+fauna+idraul+etc.
NON SOLO ma



IN= (geomorf+vegetaz+fauna+idraul+etc.)ⁿ



L = 1 Km
GABBIONATA



No!



L = 200 m
PILASTRO VIVA



L = 200 m
GABBIONATA



L = 200 m
SCOGLIERA



L = 200 m
COPERTURA
DIFFUSA



L = 200 m
TALVEE

SI!

SALVATORE SI ASSICURA
CHE IL PROGETTO DEGLI
INTERVENTI IDRAULICI SIA ARTICOLATO
IL PIU' POSSIBILE IN FUNZIONE DELLE
CARATTERISTICHE ECOMORFOLOGICHE E CHE
NON SIA BASATO, PER PIGRIZIA PROGETTUALE,
SU UNA SOLA TIPOLOGIA

INGEGNERIA NATURALISTICA ???



NO senza le piante!



Il fiume è un ecosistema: (Fisico Chimico + Biologico)



Il corso d'acqua è un ecosistema definito dalla morfologia dell'alveo in cui vivono piante e animali. e



Università degli studi della Tuscia
FACOLTA' DI AGRARIA

Paolo Cornelini

**UNA SCHEDA DI VALUTAZIONE SPEDITIVA DELLA
QUALITA' ECOMORFOLOGICA DI UN CORSO D'ACQUA**

**LA SCHEDA DI VALUTAZIONE SPEDITIVA DELLA QUALITA'
ECOMORFOLOGICA DI UN CORSO D'ACQUA (Cornellini, Sauli,
Ruggieri, 2015)**

inserita nel

**Compendio di Ingegneria Naturalistica per docenti e professionisti:
analisi, casistica ed elementi di progettazioneec -Regione Lazio 2015**

http://www.regione.lazio.it/rl_ingegneria_naturalistica/

- per orientare meglio le scelte progettuali
- per la pianificazione di area vasta
- finalità didattiche
- favorire la partecipazione delle associazioni del volontariato

Rappresenta un primo livello di analisi, individuando i settori ecosistemici da approfondire, eventualmente, con analisi specialistiche.

DIAGNOSI ECOSISTEMICA

Settori di analisi

(Fisico Chimico +Biologico):

- Geomorfologia
 - Vegetazione
 - Qualità idrica
 - Regime idrico
 - Fauna ittica

**SCHEDA DI VALUTAZIONE SPEDITIVA DELLA QUALITA' ECOMORFOLOGICA
DI UN CORSO D'ACQUA**
(Cornelini, Sauli, Ruggieri, 2015)

SCHEDA N. CORSO D'ACQUA COMUNE ALTITUDINE COMPILATORE	DATA LOCALITA' TRATTO LUNGHEZZA TRATTO ESAMINATO FOTO
INQUADRAMENTO IDROMORFOLOGICO	
AMBITO FISIOGRAFICO	
C M = collinare-montano P=pianura	
CONFINAMENTO	
C=confinato SC=semiconfinato NC= non confinato	
MORFOLOGIA ALVEO	
<ul style="list-style-type: none"> A canale singolo Tipologia : R=rettilineo Si=sinuoso M=meandriforme SiBA=transizionale sinuoso barre alternate A canali multipli o transizionali Tipologia : W= transizionale <i>wandering</i> CI=canali intrecciati A=anastomizzato 	
Configurazione fondo : R=roccia C=colluviale A =Alluvionale	
Unità morfologiche (ove riconoscibili): G=gradinata LP=letto piano RP= <i>rifle pool</i> D=dune A=artificiale	
Sedimenti dominanti in alveo: Limo: 0.002÷0.0625 mm; Sabbia: 0.0625÷2 mm; Ghiaia: 2÷64 mm; Ciottoli: 64÷256 mm; Massi: > 256 mm)	
Litologie dominanti nel tratto	
Indicatori di dinamismo idromorfologico: S sponde erodibili D depositi alluvionali	
Pendenza media del fondo m/m	
Dimensioni sezione portata idrica dominante (<i>bankfull</i> , ove riconoscibile) : larghezza m altezza m	
OSSERVAZIONI	



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

IDRAIM
Sistema di valutazione
idromorfologica,
analisi e **monitoraggio**
dei corsi d'acqua



MANUALI E LINEE GUIDA

VALUTAZIONE DELLA QUALITA' ECOMORFOLOGICA		
TERRITORIO TERRESTRE CIRCOSTANTE		SPONDA
1.NATURALITA'		SX DX
Prevalenza di tipologie vegetazionali della serie autoctona (boschi , cespuglieti, etc.)		16 16
Prevalenza di usi agro-pastorali		8 8
Prevalenza di aree periurbane con spazi verdi		4 4
Prevalenza di aree urbanizzate con suolo impermeabile		1 1
GEOMORFOLOGIA		
2.CONTINUITA' LATERALE E VERTICALE		
Totale spazio di mobilità del corso d'acqua con assenza di elementi artificiali: totale continuità laterale (processi di esondazione nella piana inondabile, anche se di piccola entità, come negli alvei confinati, e mobilità laterale) e verticale (scambi tra acque superficiali e di falda)		16 16
Discreto spazio di mobilità; con buona continuità laterale (limitate difese spondali , argini o strade distanti dall'alveo) e totale continuità verticale		8 8
Ridotto spazio di mobilità con limitata continuità laterale (estese difese spondali, argini o strade prossimi all'alveo); buona continuità verticale (eventuale presenza di rivestimenti permeabili)		4 4
Spazio di mobilità assente con mancanza di continuità laterale: sponde completamente artificiali; buona continuità verticale (eventuale presenza di rivestimenti permeabili)		2 2
Spazio di mobilità assente con mancanza di continuità laterale e verticale: alveo completamente artificiale (canalizzazioni, rettificazioni, spostamenti alveo) con fondo impermeabilizzato		1 1
3.CONTINUITA' LONGITUDINALE DELLE PORTATE SOLIDE NEL TRATTO E/O A MONTE		ALVEO
Totale continuità longitudinale, con assenza o con presenza di effetto trascurabile, di opere con intercettazione delle portate solide (dighe, briglie, casse in linea, ponti con luci strette, tombini), senza evidenti differenze granulometriche tra monte e valle delle opere		16
Buona continuità longitudinale. Saltuarie opere con intercettazione delle portate solide		8
Limitata continuità longitudinale. Opere diffuse con intercettazione delle portate solide		4
Assenza di continuità longitudinale. Opere con totale intercettazione delle portate solide		1
4.MORFOLOGIA ALVEO E SUBSTRATO		ALVEO
a) Presenza delle morfologie attese nel tratto: <ul style="list-style-type: none"> • alvei montani alluvionali confinati a canale singolo: configurazione del fondo con unità morfologiche (<i>gradinate, riffle pool</i>, etc.) coerenti con la pendenza media della valle • alvei alluvionali semi- e non confinati: forme planimetriche in relazione agli ambiti fisiografici di pianura (rettilineo, sinuoso, meandriforme, a canali intrecciati, etc.) con forme caratteristiche all'interno (barre, isole, canali) e all'esterno (aree umide, meandri abbandonati, canali secondari) b) Substrato degli alvei alluvionali con naturale eterogeneità delle dimensioni dei sedimenti del fondo (non si valuta in caso di fondo in roccia o sabbia né ove è impossibile osservarlo a causa della profondità)		16
Alterazioni delle morfologie attese e del substrato (soglie, rampe, rivestimenti) per una lunghezza inferiore ad un terzo del tratto		8
Alterazioni delle morfologie attese e del substrato per una lunghezza tra un terzo e due terzi del tratto		4
Alterazioni delle morfologie attese e del substrato per una lunghezza superiori a due terzi del tratto		1
TOTALE MORFOLOGIA		

REGIME IDRICO	ALVEO	
5.CONTINUITA' LONGITUDINALE DELLE PORTATE IDRICHE		
Assenza di alterazione della continuità longitudinale delle portate liquide (dighe, diversivi, scolmatori, casse di espansione, immissioni artificiali, derivazioni per prelievi)	16	
Presenza di alterazioni che modificano solo lievemente il regime idrico	8	
Presenza di alterazioni che modificano significativamente il regime idrico	4	
Presenza di regolazione delle portate, con il verificarsi di fenomeni di picchi improvvisi (hydropeaking)	2	
Presenza di alterazioni complete del regime idrico, con determinazione di periodi di siccità	1	
QUALITA' DELLE ACQUE	ALVEO	
6.LIVELLI DI INQUINAMENTO		
Acque non inquinate	16	
Acque leggermente inquinate	8	
Acque inquinate	4	
Acque fortemente inquinate	1	
VEGETAZIONE (non si valuta nei tratti di alta montagna e in quelli con naturale assenza di vegetazione igrofila quali alvei incassati o in siccità)	SPONDA	
7.VEGETAZIONE FASCIA RIPARIALE	SX	DX
a)Formazioni arboree ripariali autoctone (saliceti, ontaneti, pioppeti)	16	16
b)Formazioni arbustive ripariali autoctone (saliceti, cespuglieti igrofili), popolamenti elofitici, cariceti, formazioni erbacee igrofile, formazioni arboree ripariali autoctone con presenze di specie sinantropiche	8	8
Incolti, prati pascoli, formazioni sinantropiche (robinieti, roveti , canneti ad Arundo donax, etc.)	4	4
Culture agrarie	2	2
Assenza di vegetazione	1	1
8.AMPIEZZA FASCIA RIPARIALE (si valuta solo per 7a o 7b)		
Fascia ripariale arborea o arbustiva autoctona maggiore di 10 m.	16	16
Fascia ripariale arborea o arbustiva autoctona 6 -10 m.	8	8
Fascia ripariale arborea o arbustiva autoctona 3 -6 m.	4	4
Fascia ripariale arborea o arbustiva autoctona < 3 m	2	2
Assenza fascia ripariale arborea o arbustiva autoctona	1	1
9.CONTINUITA' FASCIA RIPARIALE (si valuta solo per 7a o 7b)		
Fascia ripariale arborea o arbustiva autoctona estesa > 90% della lunghezza	16	16
Fascia ripariale arborea o arbustiva autoctona estesa 60-90% della lunghezza	8	8
Fascia ripariale arborea o arbustiva autoctona estesa 30-60% della lunghezza	4	4
Fascia ripariale arborea o arbustiva autoctona estesa <30% della lunghezza	2	2
Assenza fascia arborea o arbustiva ripariale autoctona	1	1
TOTALE VEGETAZIONE (7+8+9)		
ELENCO PRINCIPALI SPECIE FLORISTICHE RIPARIALI		
FAUNA ITTICA		
10.HABITAT PER PESCI E CONTINUITA' LONGITUDINALE	ALVEO	
Elevata presenza di aree di rifugio, di frega, e di ombreggiamento e totale continuità longitudinale (assenza sbarramenti per la migrazione)	16	
Buona presenza aree di rifugio, di frega, e di ombreggiamento e totale continuità longitudinale	8	
Scarsa presenza aree di rifugio, di frega, e di ombreggiamento, ma totale continuità longitudinale	4	
Assenza aree di rifugio, di frega e di ombreggiamento, presenza di sbarramenti superabili dall'ittiofauna	2	
Assenza aree di rifugio, di frega e di ombreggiamento con presenza di sbarramenti che impediscono la migrazione (assenza di continuità longitudinale)	1	
TOTALE QUALITA' ECOMORFOLOGICA		
LIVELLO DI FUNZIONALITA'		

TABELLA DIVALUTAZIONE DELLA QUALITA' ECOMORFOLOGICA			
LIVELLO DI FUNZIONALITA'	VALORI	VALUTAZIONE DI FUNZIONALITA'	COLORE
V	10-31	PESSIMA	
IV	32-63	MEDIOCRE	
III	64-95	SUFFICIENTE	
II	96-127	BUONA	
I	128-160	OTTIMA	

TABELLA DI VALUTAZIONE DELLA QUALITA' DI OGNI COMPONENTE ECOSISTEMICA					
COMPONENTE	VALUTAZIONE DI FUNZIONALITA'				
	PESSIMA	MEDIOCRE	SUFFICIENTE	BUONA	OTTIMA
GEOMORFOLOGIA	3-9	10-19	20-29	30-39	40-48
REGIME IDRICO	1	2	4	8	16
QUALITA' ACQUE	1		4	8	16
VEGETAZIONE	3-9	10-19	20-29	30-39	40-48
FAUNA ITTICA	1	2	4	8	16



GEOMORF	REGIM IDRIC	QUALITA	VEGETAZ	FAUNA

La scheda di valutazione delle rive evidenzia, per gli interventi di sistemazione del rischio idraulico, una pessima qualità vegetazionale e mediocre qualità geomorfologica e faunistica.



GEOMORF	REGIM IDRIC	QUALITA	VEGETAZ	FAUNA

La scheda evidenzia una ottima qualità ecomorfologica.

Si parte da valle riportando il risultato su cartografie
in scala 1:10.000 o di minor dettaglio



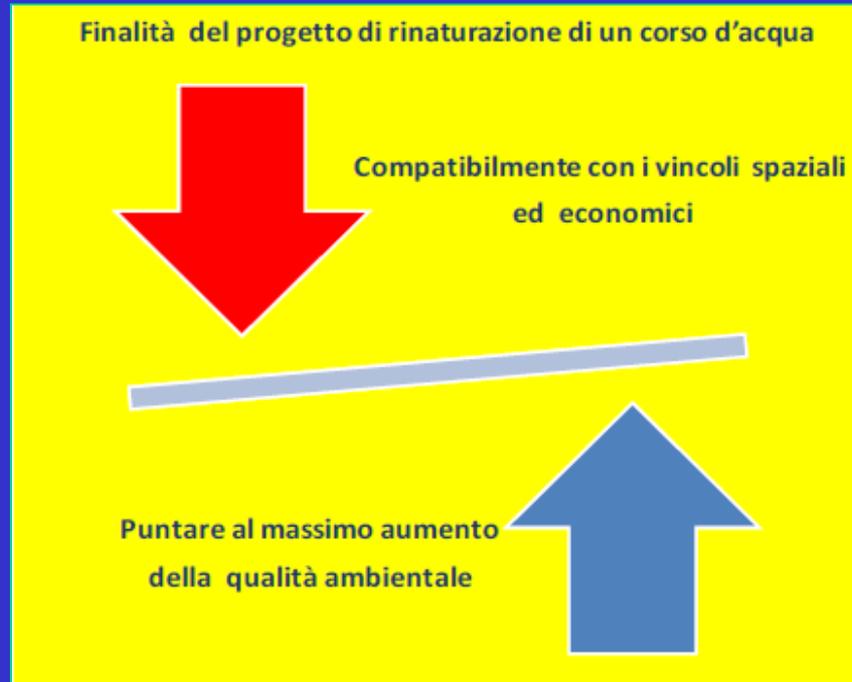
Elaborazione di Liliana Pavani

La scheda, oltre che per una valutazione *ante operam*, può essere usata anche per una valutazione speditiva *post operam*, per verificare l'aumento di qualità ambientale a seguito di interventi di rinaturazione o ingegneria naturalistica.

CRITERI DI PROGETTAZIONE NATURALISTICA PER LA RINATURAZIONE DEI CORSI D'ACQUA

Il corso d'acqua va considerato un ecosistema vivente e le sue funzioni possono ricondursi al trasporto dell'acqua pura da monte a valle in un alveo a morfologia diversificata con habitat vitali per la vegetazione e le zoocenosi.

Criteria di progettazione in ambito fluviale



Gli interventi sull'asta fluviale vanno progettati secondo il principio che la **diversità morfologica** si traduce in **biodiversità**, incrementando le aree di pertinenza del corso d'acqua e rifiutando la rettificazione e la cementificazione dell'alveo; **la vegetazione igrofila**, in tale approccio, non va più considerata un ostacolo al deflusso delle acque, ma una risorsa di interesse idraulico per la protezione flessibile delle sponde.



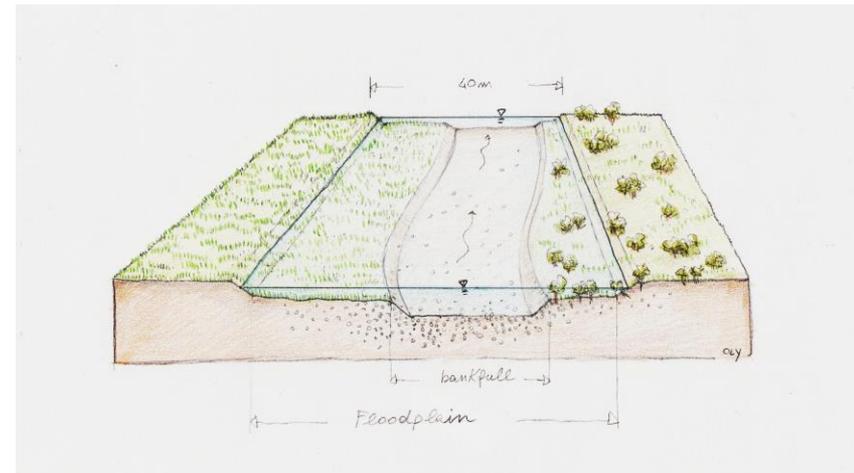
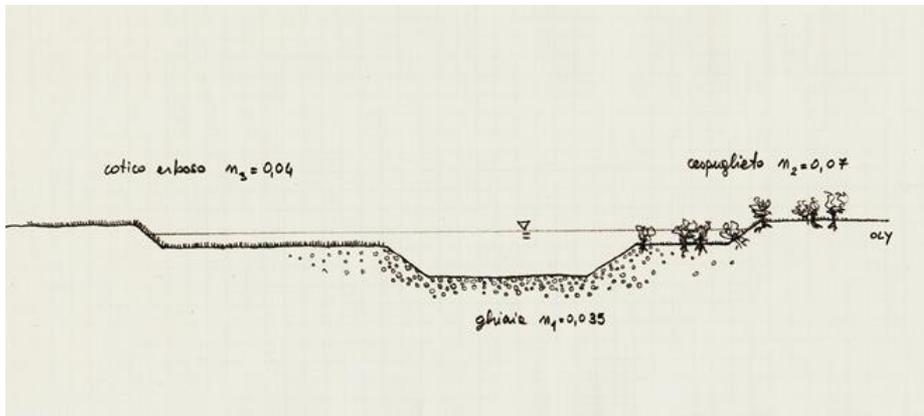
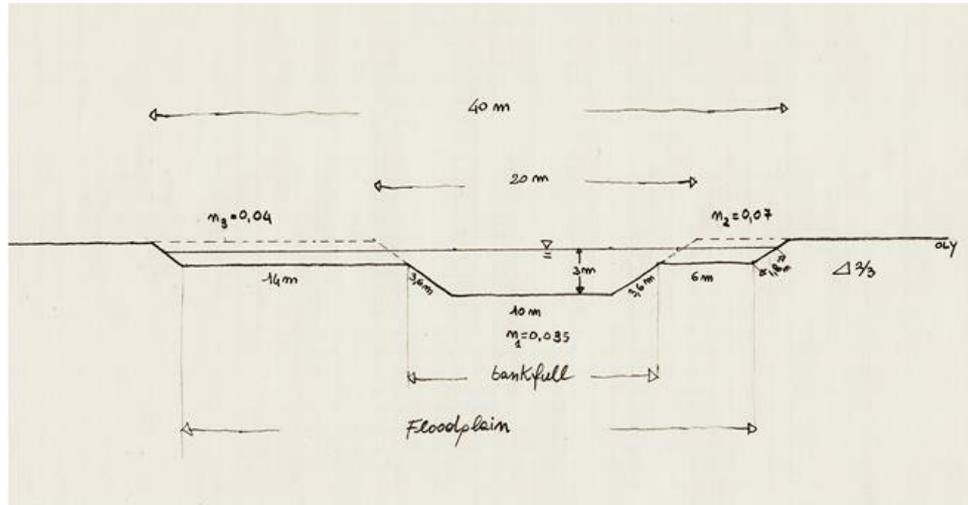
Ratschings 2005



Rio Mareta 2013 29

Foto Provincia di Bolzano

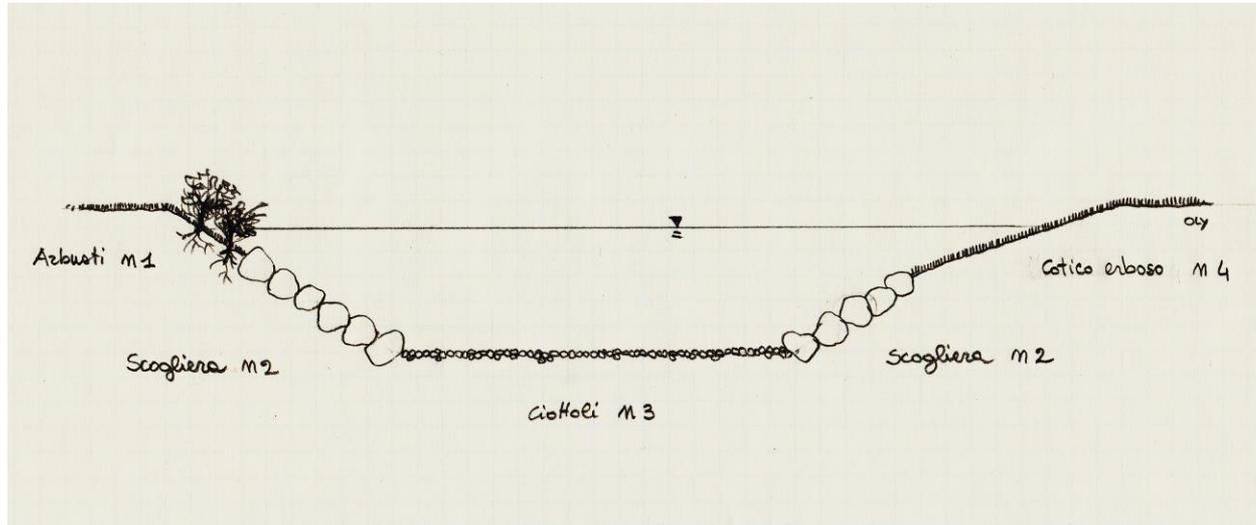
Calcoli idraulici per rinaturazione corsi d'acqua a partire da sezioni cementificate



Disegno di Olivia Iacoangeli

Esercizio 5 . Calcolo della portata di un alveo con sezione a differente scabrezza (criterio di Einstein Horton)

Finora sono stati esaminati casi di un alveo centrale a scabrezza unica e golene a scabrezza unica, anche se con differenze tra la golena destra e la sinistra, risolvendoli con il criterio di Lotter. Nei casi pratici e, particolarmente negli interventi di ingegneria naturalistica, si incontrano, invece, situazioni con tratti di sponda e alveo a differente rivestimento.



Sezione compatta con tratti a diversa scabrezza $k = 1/n$ del contorno bagnato C. Disegno di Olivia Iacoangeli



Sistemazioni idraulico forestali

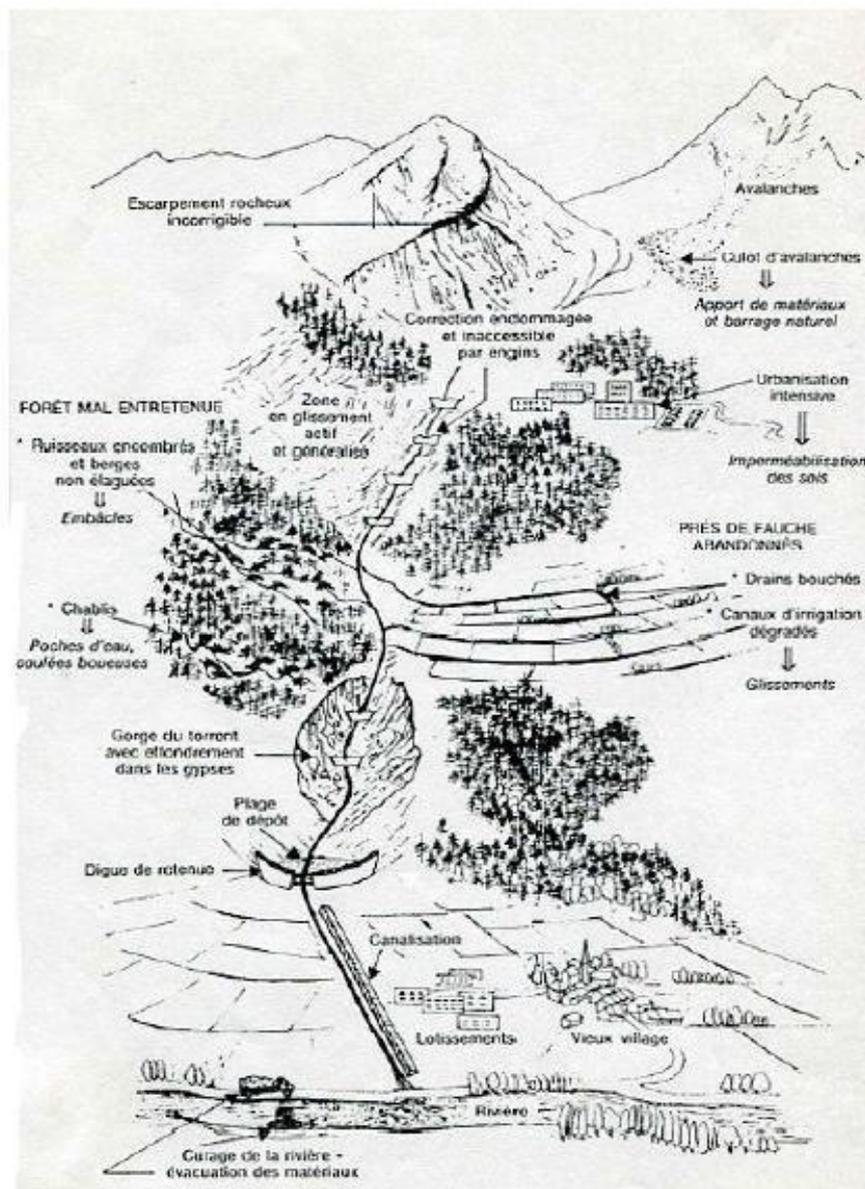


Fig. B Sistemazione idraulico-forestale di un bacino torrentizio di montagna nei Pirenei (da Van Effenterre, 1982)

Con quali criteri ?

1 . INTEGRALITA'

=

**BILANCIAMENTO TRA PROVVEDIMENTI
INTENSIVI ED ESTENSIVI**

UNITARIETA' DEL BACINO

UNITARIETA' SISTEMA ALVEO -VERSANTE

2 . GRADUALITA'

=

PROGRAMMARE GLI INTERVENTI

NON ESISTE UNA SISTEMAZIONE FINALE

CONCEPIRE IN MODO DINAMICO L'INTERVENTO

3 . CONTINUITA'

=

PRESIDIO NEL TEMPO DEL BACINO

MANUTENZIONE E MONITORAGGIO OPERE

PRESENZA SUL TERRITORIO

12. VERSANTI	5
12.1 <i>Selezione delle tecniche per la sistemazione di versanti</i>	5
12.1.1 Possibilità d'impiego delle tecniche di ingegneria naturalistica nelle principali tipologie di dissesto.....	5
12.1.2 Tecniche di ingegneria naturalistica applicabili ai versanti nelle regioni del centro-sud Italia.....	6
12.1.3 Criteri di scelta delle tecniche.....	10
12.2 <i>La sistemazione dei versanti calanchivi</i>	12
12.2.1 La sistemazione idraulico-agraria.....	13
12.2.2 La sistemazione idraulico-forestale.....	15
12.2.3 La sistemazione con tecniche di ingegneria naturalistica.....	17
12.2.4 Conclusioni.....	18
12.3 <i>Il recupero delle aree percorse dal fuoco con tecniche di Ingegneria Naturalistica</i>	19
12.3.1 Il fuoco componente naturale dell'ecosistema mediterraneo.....	19
12.3.2 Problemi di dissesto idrogeologico indotti dagli incendi boschivi.....	19
12.3.3 Gli interventi di recupero e ricostituzione della copertura vegetazionale.....	23
12.3.4 Interventi per la riduzione del rischio di incendi ripetuti.....	24
12.3.5 Interventi di recupero della copertura vegetazionale.....	24
12.3.6 Interventi di difesa del suolo.....	26
12.4 <i>Casistica degli interventi di Ingegneria Naturalistica e di rinaturazione dei versanti - SCHEDE</i>	28
13. CASISTICA DEI PRINCIPALI SETTORI INFRASTRUTTURALI DI APPLICAZIONE DELL'INGEGNERIA NATURALISTICA	75
13.1 <i>Applicabilità dell'Ingegneria Naturalistica alle cave</i>	75
13.1.1 Peculiarità dell'attività estrattiva.....	75
13.1.2 Il recupero ambientale come obbligo normativo.....	75
13.1.3 Tipologie di cava, metodi di coltivazione.....	76
13.1.4 Tipologie di recupero ambientale in Italia.....	77
13.2 <i>Applicabilità dell'Ingegneria Naturalistica alle strade</i>	102
13.2.1 Modalità di progettazione degli interventi a verde e di Ingegneria Naturalistica su strade.....	103
13.2.2 Principali tipologie di opere d'arte.....	104
13.2.3 Principali tipologie di interventi a verde nelle infrastrutture viarie.....	108
13.2.4 Prerinverdimento.....	108
13.2.5 Strutture di sostegno di scarpate.....	118
13.2.6 Barriere verdi antirumore e di isolamento.....	123
13.2.7 Interventi di rivegetazione delle scarpate in ombra dei viadotti.....	127
13.2.8 Vasche di prima pioggia come habitat umidi o a secco.....	128
13.2.9 Strutture di deframmentazione di habitat faunistici.....	129
13.3 <i>Applicabilità dell'Ingegneria Naturalistica alle discariche</i>	133
13.3.1 Discariche di RSU.....	134
13.3.2 Discariche di RTN.....	139
13.3.3 Discariche di inerti.....	141
13.3.4 Discariche minerarie.....	143
13.4 <i>Applicabilità dell'Ingegneria Naturalistica ai metanodotti</i>	148
13.4.1 Impatto potenziale dei tracciati delle condotte interrato.....	149
13.4.2 Casistica di interventi di rivegetazione e ingegneria naturalistica di metanodotti.....	152
13.4.3 Interventi a verde nelle centrali di compressione.....	168
13.5 <i>Applicabilità dell'Ingegneria Naturalistica al trasporto elettrico</i>	171
13.5.1 Stazioni Elettriche di nuova realizzazione.....	171
13.5.2 Progettazione delle diverse tipologie di intervento ed esempi di realizzazione.....	172
13.5.3 Adeguamento di Stazioni Elettriche esistenti.....	183
13.5.4 Linee elettriche di nuova costruzione.....	186
13.5.5 Dismissione di linee esistenti.....	191
14. NUOVE TIPOLOGIE CONSOLIDANTI DI INGEGNERIA NATURALISTICA	194
14.1 <i>La palificata viva "Roma"</i>	198
14.2 <i>La palificata viva latina</i>	200
14.3 <i>La palificata viva L'Aquila, una nuova opera di ingegneria naturalistica per le strade di montagna</i>	206

Appendice 1 - Calcolo semplificato di stabilità di palificate vive	217
Appendice 2 - Cantieri in miniatura di Ingegneria Naturalistica	225
Appendice 3 - Le Tecniche di Ingegneria Naturalistica	229
15. BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA	230

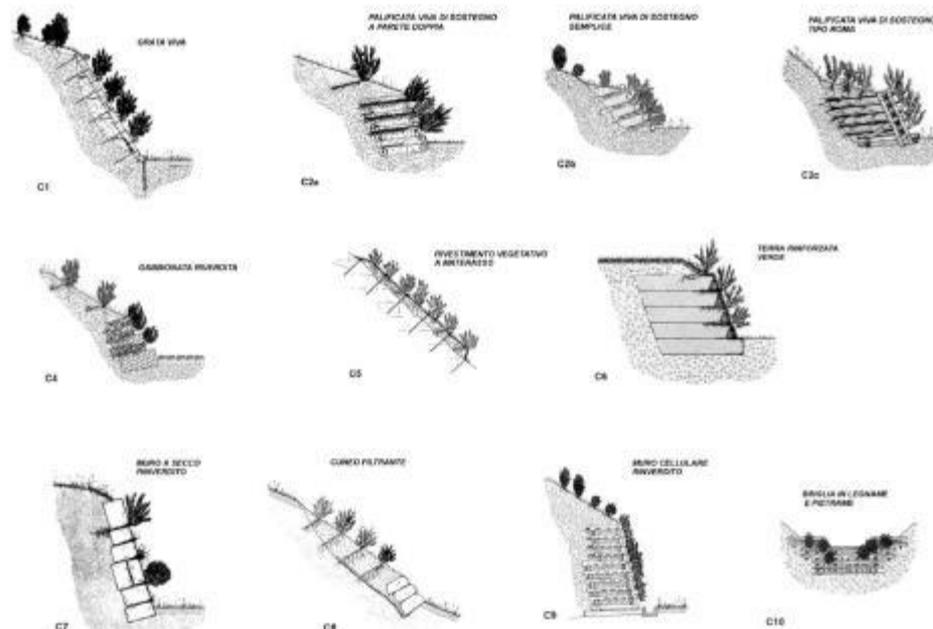
12.1.2 Tecniche di ingegneria naturalistica applicabili ai versanti nelle regioni del centro-sud Italia

Si è posto negli ultimi anni il quesito del trasferimento delle tecniche di I.N. alle regioni dell'area mediterranea e loro adattamento sia in termini di scelta delle specie vegetali che di materiali disponibili.

Negli schemi delle Figg. 12.1 A, B e C sono rappresentate, in forma sintetica, le tecniche di Ingegneria Naturalistica più diffuse nel centro Europa, applicate da molti anni in alcune regioni dell'Italia del nord ed applicabili anche nelle zone montane delle regioni centro-meridionali (estratto da: Cornelini e Sauli: "Manuale di indirizzo delle scelte progettuali per interventi di difesa del suolo con tecniche di Ingegneria Naturalistica" PODIS Ministero dell'Ambiente, 2005).

Fig. 12.1.C: Interventi di I.N. applicabili ai versanti

C - INTERVENTI COMBINATI DI CONSOLIDAMENTO



SCHEDA INTERVENTI DI INGEGNERIA NATURALISTICA

Compilatore	Paolo Giacchini
Provincia	Provincia di Pesaro e Urbino /
Comune	Fossombrone – S. Anna/ Cagli
Località	strada provinciale Tarugo
Altitudine	Da 220 a 530 m slm
Esposizione	NE - NW
Inclinazione del versante	30 –45°
Specificità dell'intervento	<p>Si tratta di una serie di interventi di ripristino e consolidamento di alcune scarpate stradali realizzate nel territorio della Riserva Naturale Statale della Gola del Furlo, nell'ambito di specifiche iniziative formative coordinate dall'Amministrazione Provinciale di Pesaro e Urbino e organizzate dal Centro Studi Faunistici ed Ecologici di Pesaro, che hanno previsto l'esecuzione di cantieri didattici.</p> <p>Gli interventi hanno interessato aree in condizioni xerofile in cui sono state attuate le tradizionali tecniche dell'ingegneria naturalistica, sperimentando l'utilizzo di specie arbustive idonee alle caratteristiche ecologiche dell'area, tipicamente mediterranea.</p> <p>Gli interventi sono stati anche oggetto di ripetuti interventi di manutenzione, attraverso appositi corsi di aggiornamento realizzati in collaborazione con la sezione Marche dell'AIPIN.</p>
Aspetti vegetazionali dell'area	Gli interventi sono stati realizzati in parte lungo strade in ambito agricolo a prevalenza di colture cerealicole non intensive, in parte in aree più naturali comprendenti ampie porzioni di lecceta pura allo stato alto arbustivo, e formazioni di omo-ostrieto.
Lineamenti geomorfologici	Alcune scarpate oggetto di intervento sono riferibili a situazioni degradate con detrito di falda ad elementi subspigolosi, eterodimensionali, calcareo marnosi e marnoso argillosi, derivante dall'alterazione della formazione della scaglia rossa. altre frane (strada provinciale tarugo) presentano marni calcarei e marni argillose della formazione della scaglia cinerea con stratificazione a reggipoggio, con grande produzione di detrito ad elementi subspigolosi ed eterodimensionali.
Obiettivo dell'intervento	<p>I lavori hanno riguardato 4 aree con fenomeni franosi, innestatisi a seguito del taglio per la sede stradale e per la non corretta regolamentazione superficiale delle acque.</p> <p>In tutti i casi l'obiettivo è stato il ripristino della scarpata stradale con il suo consolidamento e reinserimento naturalistico e paesaggistico, tanto più importante trovandoci all'interno di una Riserva Naturale Statale.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. S. Anna (palificata + grata) 2. S. Anna (palificata Roma) 3. Strada provinciale Tarugo (palificata + grata) 4. Strada provinciale Tarugo (palificata Roma e opere lineari)
Tipologie e dimensioni dell'intervento	<p>Palificata viva a parete doppia h 2,5 m, L 12 m; grata viva h 5 m, L 12 m; messa a dimora di circa 120 arbusti;</p> <p>2) Palificata Roma h 2,4 m L 4 m; messa a dimora di circa 50 arbusti;</p> <p>3) Palificata viva a parete doppia h 1,0 m L 12 m + grata h 6 m, L 12 m; rete zincata a doppia torsione; idrosenna; messa a dimora di circa 150 arbusti;</p> <p>4) Palificata Roma h 2,4 m L 4 m; messa a dimora di circa 50 arbusti;</p>

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Foto 1: S. Anna, luglio 1999, prima dei lavori - P. Giacchini



Foto 2: S. Anna- struttura della grata settembre 1999 - P. Giacchini



Foto 3: S. Anna- grata viva settembre 1999 - P. Giacchini



Foto 4: S. Anna, maggio 2000 palificata e grata viva - P. Giacchini



Foto 5: Strada provinciale Targo prima dei lavori, aprile 2003 - P. Giacchini



Foto 6: SP Tarugo struttura palificata Roma, aprile 2003 - P. Giacchini

Introduzione

Si chiama calanco ciascuno dei solchi profondi, stretti, ripidi, separati da creste sottili a lama di coltello, prodotti da processi erosivi e franosi innescati dalle acque di ruscellamento nei suoli in pendio ad elementi fini, impermeabili ma disagregabili, quali argille, argille-marnose, marne-argillose, ecc. Nel calanco l'acqua piovana agendo sul suolo argilloso lo decapita asportando le lamelle staccatesi per effetto del disseccamento, le spappola e le trascina con sé allo stato plastico insieme alle altre che riesce a levare una volta che si sono rammollite a causa dell'imbibizione superficiale.

I calanchi sono l'insieme delle vallecole prima descritte, disposte a ventaglio, separate da croste argillose alte, subverticali, a prevalente datazione plio-pleistocenica, rese sottili dalla plasticizzazione e asportazione sotto forma di colate fangose delle particelle situate sulla superficie esterna del rilievo.

Le aree calanchive sono molto diffuse in Italia (Fig. 12.3) e sono sovente sede di imponenti fenomeni di erosione gully. La superficie calanchiva è stata stimata in 500.000 ettari circa. Quella pre-calanchiva, cioè potenzialmente degradabile a morfologia calanchiva, è dello stesso ordine di grandezza.

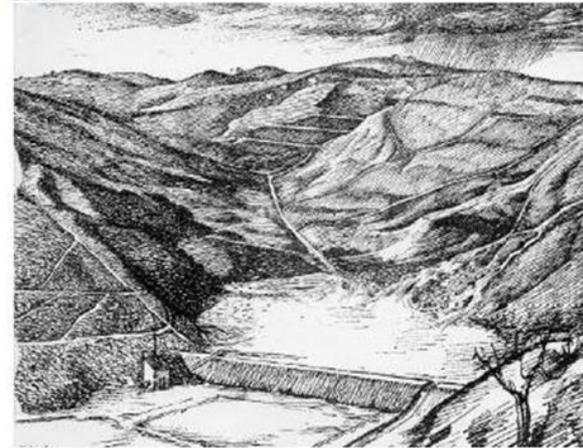
Alla sistemazione dei calanchi, dalla metà del XVIII secolo in poi, hanno lavorato, dal Nord al Sud, con motivazioni diverse, più generazioni di operatori, ognuna delle quali ha perseguito un obiettivo e messo a punto una tecnica.



Fig. 12.3: Distribuzione delle aree a morfologia calanchiva in Italia. (da Puglisi e Trisorio Liuzzi, 1992)



12.6a



12.6b

- Figg. 12. 6: Nel 1952 il "Giornale di agricoltura" pubblicò una serie di articoli del suo direttore sulla sistemazione dei calanchi. Allorchè subentrò il modellamento con macchine, il serbatoio a corona che si vede in (a) diventò laghetto collinare (b). (da Calzecchi - Onesti, 1952)



Foto 354: Copertura di terreno percorso dal fuoco con chips legnosi e compost, abbinato a palizzate vive in legname – loc. Voze, Noli (SV) - Foto U.Bruschini

12.3.4 Interventi per la riduzione del rischio di incendi ripetuti

Dal momento che i fenomeni principali di degrado sono legati agli incendi ripetuti, andranno previsti alcuni interventi per evitarli, ad esempio :

- tracciati tagliafuoco
- torri di avvistamento
- situazioni naturali di interruzione del fuoco quali prati o colture erbacee
- formazione del volontariato
- incentivi ai proprietari o cooperative per la manutenzione.

12.3.5 Interventi di recupero della copertura vegetazionale



2002

**PALIZZATE VIVE SU VERSANTI PERCORSI
DAL FUOCO PIZZOLI (AQ)**

(Foto Sacchetti)



2006

Coltivazioni a scarpata unica a piazzale discendente (o splateamento)

Le coltivazioni a scarpata unica a piazzale discendente (o splateamento) sono da considerarsi le migliori da tutti i punti di vista sia paesaggistico e naturalistico che industriale.

Il caso della cava di calcare del M. S. Lorenzo in località Fanna (Maniago-PN).

Viene effettuato uno scavo dall'alto verso il basso, a piazzale discendente, con scarpate di 35° - 37° . Questa pendenza corrisponde all'angolo al di sotto del quale la terra vegetale riportata può rimanere in loco, mentre al di sopra di questo valore c'è pericolo di erosione e franamenti. I fronti di scavo sono ad esse perpendicolari, consentendo la lavorazione meccanica delle superfici destinate al ripristino. E' possibile effettuare riporti di terreno vegetale a fasce discendenti e periodici interventi di semina e messa a dimora di arbusti locali. Terreno ed arbusti possono, almeno in parte, essere ricavati in corso d'opera da scotici e trapianti derivanti dalle aree di scopertura in modo da poter ricostituire le formazioni vegetali tipiche di quei versanti. Altra terra vegetale può essere portata dalla pianura e gli arbusti essere derivati da vivaio. Nel corso degli anni, a partire dalle scarpate più alte (che sono anche le prime ad essere trattate) si verifica l'ingresso progressivo delle specie naturali derivate dalle formazioni vegetali circostanti.

Sulla base delle esperienze di oltre 15 anni maturate in alcune cave del Friuli, come quella del M. S. Lorenzo i risultati si possono considerare ottimali e la metodologia andrebbe estesa a tutte le cave di nuovo impianto ed a quelle esistenti in cui esistono i presupposti per la riconversione morfologica a scarpata unica a 35° mediante operazioni di scavo/riporto.

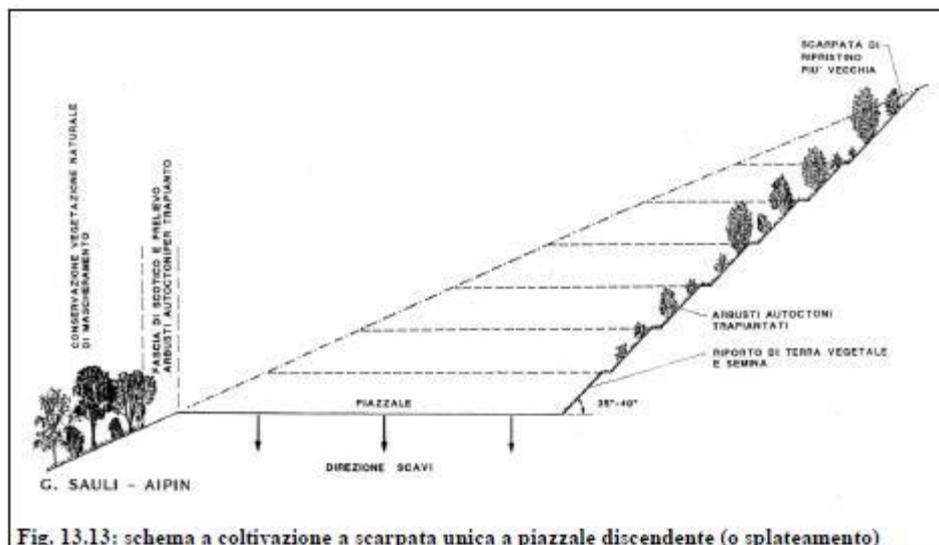




Foto 373: Cava Scoria, lavori di recupero con rilevati rivegetati, campione di prova, dicembre 1984, Foto: G. Sauli



Foto 374: Cava Scoria, lavori di recupero con rilevati rivegetati, campione di prova, settembre 1988, Foto: G. Sauli



Foto 375: Ricomposizione morfologica su cava a gradoni Cava Scoria (TS), 1998 Foto: G. Sauli



Foto 376: Rivegetazione mediante semine e piantagioni, Cava Scoria (TS), 1999 Foto: G. Sauli



Foto 377 e 378: Cava Scoria (TS), novembre 2013 Foto: G. Sauli





Foto 476 - TRV in reti sintetiche rinverdate (Foto G.P. Pinzani 2009)



Foto 477 - idem dopo il rinverdimento



Foto 478 - TRV Autostrada Aosta-M.Bianco svincolo di Morgex. Durante la costruzione (Foto G. Sauli 1988)



Foto 479 - idem dopo 18 anni. Si noti la crescita rigogliosa di arbusti ed alti arbusti che maschera completamente la struttura (Foto G. Sauli 2006)

Metanodotto Malborghetto – Bordano (UD) Loc. Chiaranda (Moggio Udinese, Val Aupa), - Sequenza fotografica vista frontale interventi dal 2002 al 2014



Foto 563: Anno 2002



Foto 564: Anno 2002



Foto 565: Anno 2003



Foto 566: Metanodotto Malborghetto – Bordano (UD) Loc. Chiaranda (Moggio Udinese, Val Aupa), agosto 2003 - Foto G. Sauli



Foto 567: Anno 2009



Foto 568: Anno 2010

NUOVE TECNICHE DI CONSOLIDAMENTO



Marzo 2007

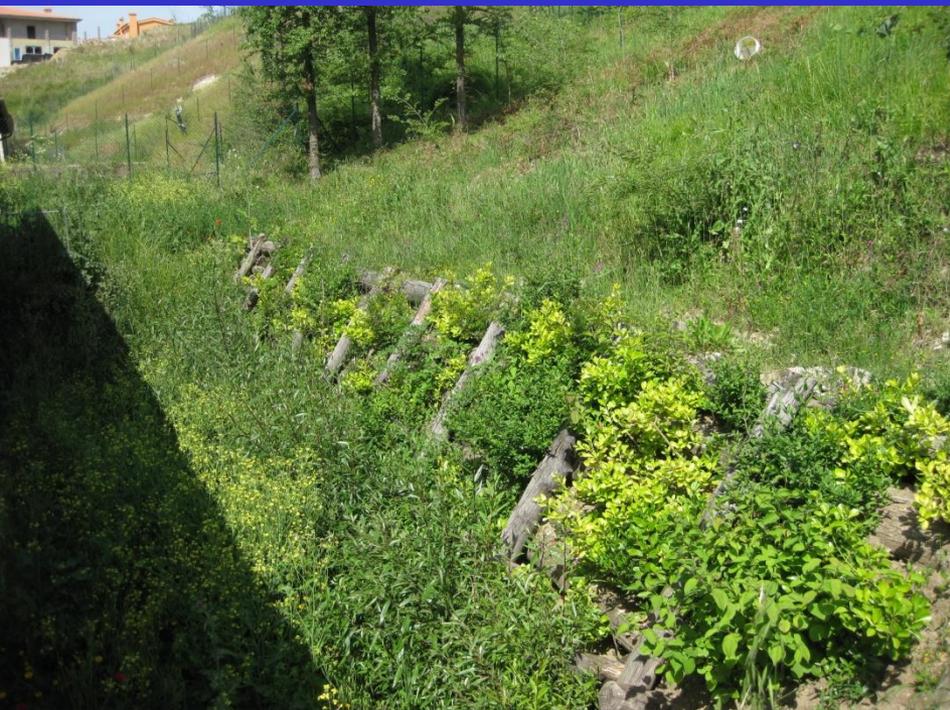
Palificata Roma
Fregene Roma



Maggio 2007



foto Cornelini



Palificata Roma dopo 2 anni
2009

foto Cornelini



CANADA
aubier-environnement-
stabilisation-talus--fin-
travaux-Roma



Descrizione sintetica

Struttura in legname e terra, costituita da un'incastellatura di tronchi con la funzione di sostegno del fronte anteriore del cuneo in terra e che formano camere nelle quali vengono inserite talee di salici o tamerici e/o arbusti radicati autoctoni.

L'opera mista terra-legno-piante, posta alla base della scarpata, funziona come opera a gravità e può essere realizzata con il telaio strutturale triangolare in travi di acciaio invece che in tronchi.

Campi di applicazione

Piede di versanti instabili, scarpate stradali.

Materiali impiegati

- Tronchi di castagno o resinosa scortecciati $\phi 20 \div 25$ cm
- Chiodature acciaio a.m. $\phi 12$ mm e barre acciaio filettato con dadi e rondelle $\phi 12$ mm
- Rete metallica a doppia torsione zincata e plastificata 6×8 cm
- Talee L = 2-3 m $\phi 2 \div 5$ cm
- Arbusti radicati autoctoni preferibilmente con capacità di emettere radici avventizie dal fusto interrato
- Inerte terroso ammendato

Modalità di esecuzione

- Scavo di fondazione in contropendenza ($10^\circ - 15^\circ$)
- Posa della prima serie di tronchi correnti, paralleli alla strada
- Posa della prima serie di tronchi trasversali al di sopra dei correnti e chiodati ad essi, con interasse 1,5 m; successivamente, dopo un riempimento con terreno, si posa sui trasversi una rete in acciaio zincata e plastificata di maglia 6×8 cm, per la ripartizione del carico del terreno di riempimento sulla fondazione (figure 1, 2 e 3)
- Al trasverso di base, dopo realizzazione di idonei fori nella rete zincata, verranno incernierati, il montante posteriore con una pendenza intorno ai 60° e, ad idonea distanza, il tirante di collegamento con la base, formando un triangolo con il lato prolungato oltre la cerniera superiore di collegamento. Tale disposizione consentirà il posizionamento dei correnti orizzontali successivi (il primo chiodato sul trasverso, il secondo semplicemente appoggiato su un elemento distanziatore in legno di circa 20 cm, il terzo chiodato sul tirante e gli altri appoggiati sui distanziatori in legno senza chiodature)
- Successivamente sarà posizionato il montante anteriore, in aderenza al corrente di fondazione, con una pendenza intorno ai 60° , incernierato al trasverso di base ed al tirante di collegamento e fissato ulteriormente, per una migliore stabilizzazione della struttura, con barre filettate di acciaio al montante posteriore attraverso i correnti non ancora chiodati. Per tale operazione, si richiede l'uso di punte di trapano e barre filettate della lunghezza di almeno 60 cm (figure 4 e 5)

- Nel caso di uso di viti da legno si possono fissare i correnti orizzontali direttamente al montante del triangolo (rif. fig.4 senza prolungare il tirante oltre il fronte) senza il montante anteriore evitando la fase di fig.5.
- Riempimento a strati con inerte ammendato con terra di coltivo e compattato; inserimento delle talee di specie con capacità di propagazione vegetativa e/o degli arbusti radicati autoctoni fino a completa copertura dell'opera e nprofilatura di raccordo con la scarpata

Prescrizioni

- Le talee dovranno avere una lunghezza superiore allo spessore dell'opera fino a toccare il terreno retrostante e in tal modo radicare, mentre nella parte frontale dovranno sporgere per 10 cm circa
- Il fronte della palificata dovrà avere una pendenza massima di 60° per consentire la crescita delle piante

Limiti di applicabilità

Data la particolarità costruttiva la palificata Roma ha un campo ottimale di realizzazione per altezze da 1,8 a 2,2 m

Vantaggi

Rapido consolidamento della scarpata.
Rispetto alla tradizionale palificata doppia presenta un risparmio di materiali (legname e chiodature) e tempi di realizzazione

Svantaggi

Il legno col tempo marcisce, per cui è necessario che le talee e le piante radicate inserite nella struttura crescano e radichino in profondità, per realizzare il consolidamento del cuneo di terra che funziona come opera a gravità.

Effetto

Il consolidamento della scarpata è immediato.

Periodo di intervento

Durante il periodo di riposo vegetativo, escludendo i periodi estivi o di innevamento e gelo profondo, per le talee.
In caso di impiego esclusivo di arbusti radicati, tutto l'anno ad esclusione dei periodi di gelo e di aridità estiva.

Possibili errori

- Scelta errata del periodo per la posa di materiale vegetale vivo
- Diametro dei tronchi sottodimensionato
- Inserimento di un numero insufficiente di piante vive
- Impiego di specie prive di capacità di ricaccio vegetativo
- Insufficiente ed errata chiodatura dei tronchi con $\varnothing < 12$ mm
- Impiego di specie esotiche

Voce di Capitolato

Palificata viva Roma

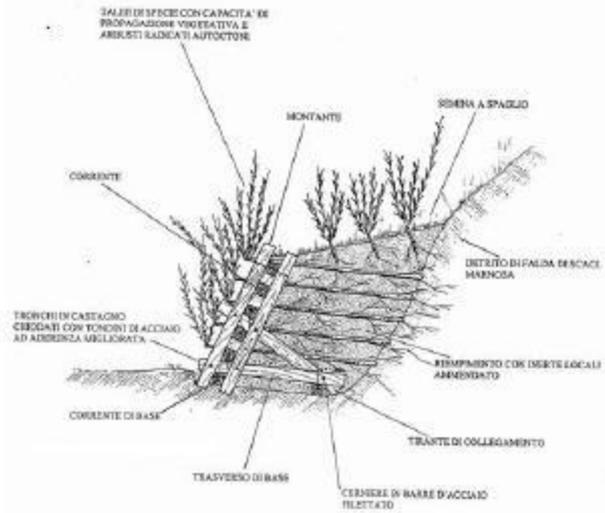
Consolidamento al piede di pendii instabili con palificata in tondami di castagno o larice \varnothing 20÷25 cm posti a formare una struttura triangolare in legname, con i montanti, i tiranti ed i trasversi di L= 2,50 ÷3,00 m e fissati tra di loro con tondini e barre filettate in acciaio con dadi e rondelle \varnothing 12-14 mm; la palificata andrà interrata con una pendenza del 10÷15 % verso monte ed il fronte avrà una pendenza di circa 60° per garantire la miglior crescita delle piante; una fila di pali infissi potrà ulteriormente consolidare la palificata alla base; sui trasversi di base sarà posata una rete in acciaio zincata e plastificata di maglia 6x8 cm., per la ripartizione del carico del terreno di riempimento sulla fondazione.

La struttura verrà riempita a strati curandone la compattazione, con l'inerte ricavato dallo scavo ammendato con terra di coltivo, fino a completa copertura dell'opera e riprofilatura di raccordo con la scarpata; nello spazio tra i tronchi orizzontali verranno collocate, previa verifica della coerenza ecologica, talee legnose di Salici, Tamerici od altre specie con capacità di riproduzione vegetativa e/o piante radicate di specie arbustive pioniere.

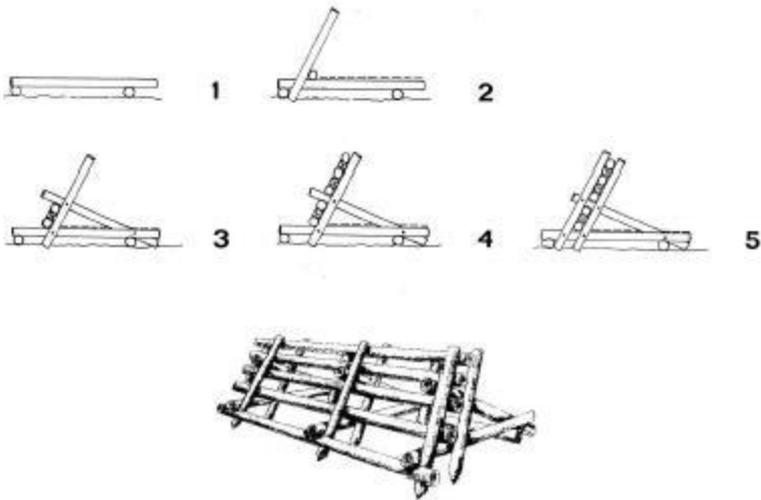
Rami e piante dovranno sporgere non più 10-15 cm dalla palificata ed arrivare nella parte posteriore sino al terreno naturale.

La palificata potrà essere realizzata per singoli tratti non più alti di 1,8÷2 m.

Sezione tipo



Fasi costruttive

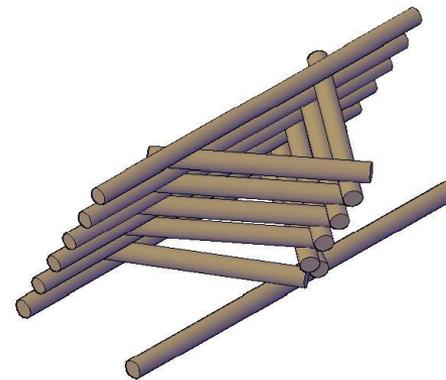
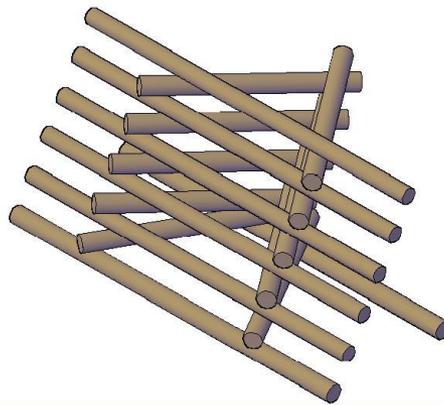
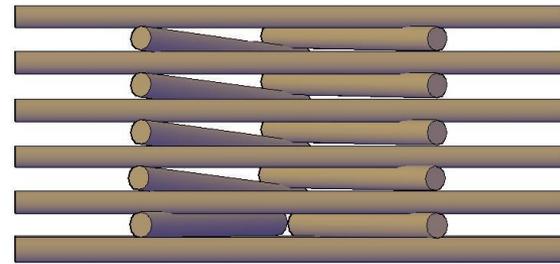
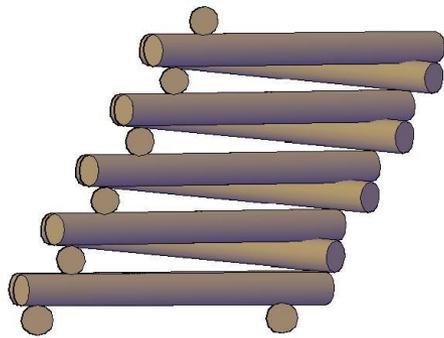


Palificata Roma senza palo anteriore grazie alle viti Martinsicuro Marche Foto Papa 2010



Palificata viva Roma a due anni dalla realizzazione, Fregene (RM), 2008 - Foto P. Cornelini

PALIFICATA LATINA





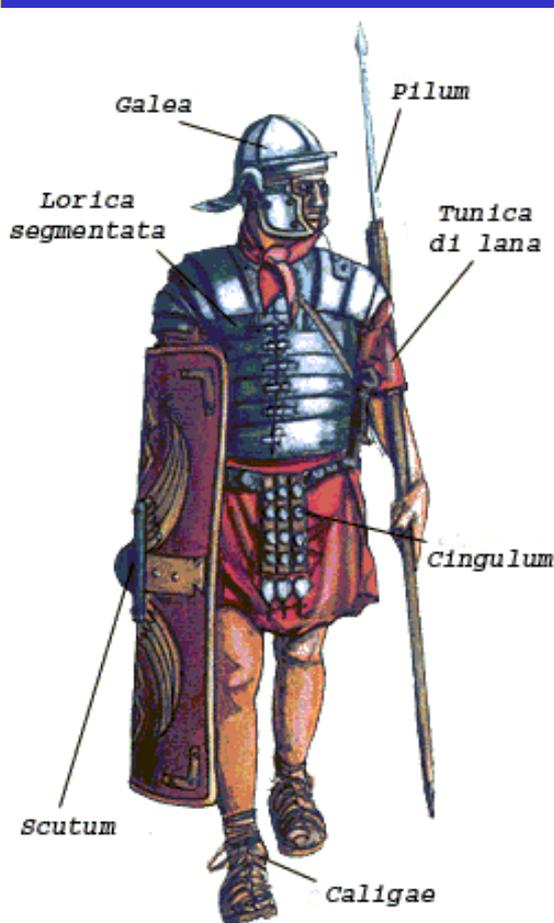
Palificata latina nei Cantieri didattici
Corso Ingegneria Naturalistica
Scuola Geometri Formia
2010 Foto Cornelini



**Parco “L’Aquila “ Genio Militare Roma
Settore Ingegneria Naturalistica con 4 tipi
di palicate
giugno 2010**

LA PALIFICATA VIVA *LORICATA*, UNA NUOVA OPERA DI CONSOLIDAMENTO DI INGEGNERIA NATURALISTICA A STRUTTURA METALLICA

A.D. MMIX



*Lorica
segmentata*

Foto Cornelini 2011



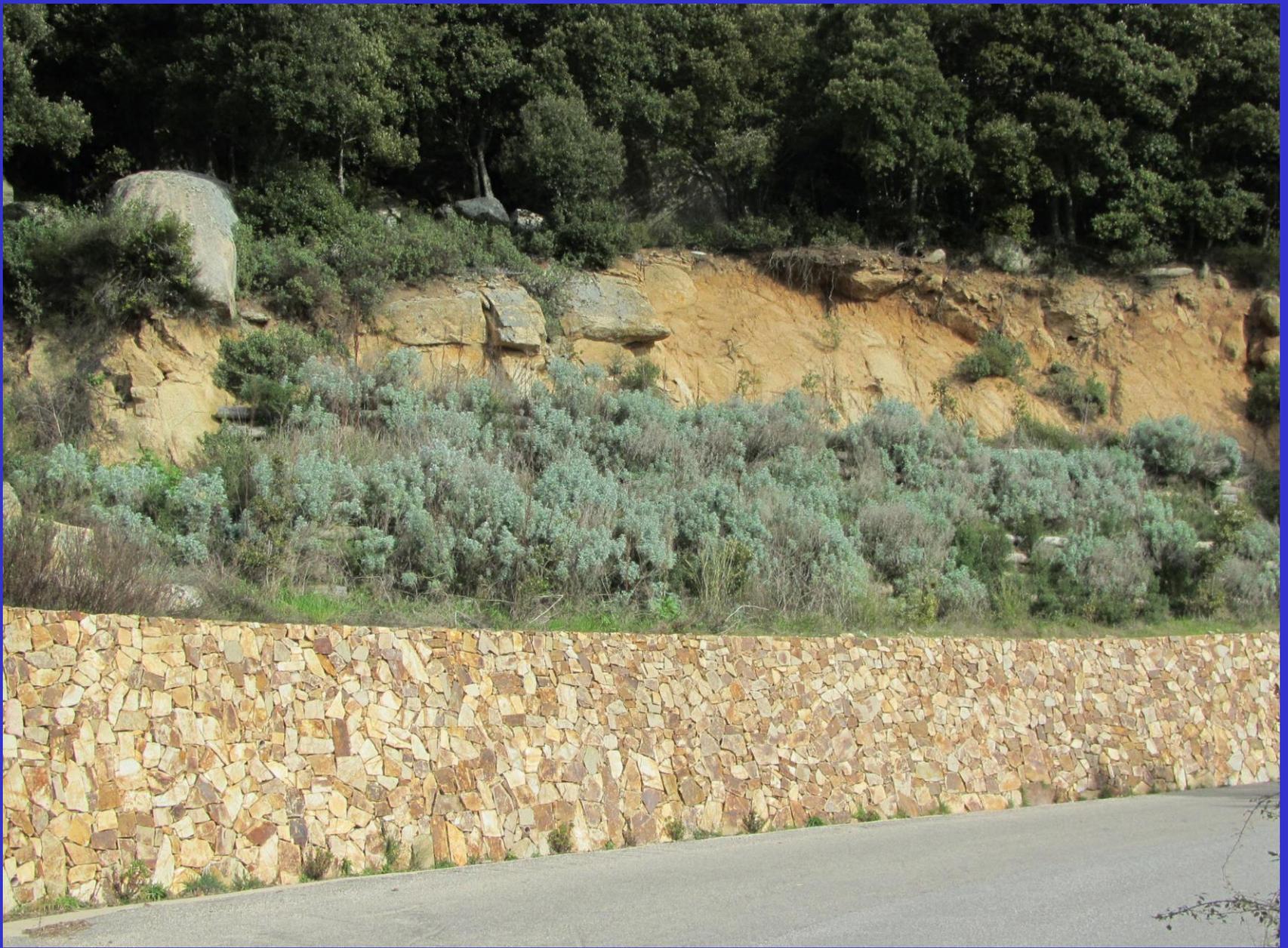
Pruebas de carga sobre la estructura de la empalizada loricata realizado por el Politécnico di Torino en una cantera cerca Asti



Ante operam e realizzazione doppia fila palificata loricata Nuoro Sardegna giugno 2010



foto Cornelini



Febbraio 2014 Foto Cornellini

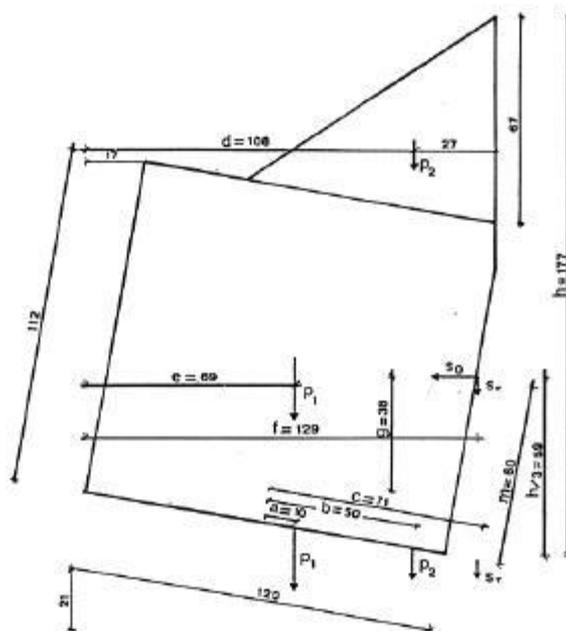
Appendice 1 - Calcolo semplificato di stabilita' di palificate vive

Palificata viva doppia, Roma, L'Aquila e latina

Per una palificata viva doppia, Roma, L'Aquila e latina il calcolo di dimensionamento è quello di un'opera a gravità.

Si adotta l'ipotesi semplificativa, per le forze in gioco, ma, comunque, a favore della stabilità, di una palificata a paramento verticale poggiata orizzontalmente sul terreno, mentre in realtà l'opera, come noto, è realizzata con una inclinazione sia sul fronte che sul fondo. La palificata è incassata con il primo corrente di fondazione nel terreno e nel trascurare, a favore della stabilità, la spinta passiva a cui è sottoposto tale primo corrente, si considera come altezza di calcolo della spinta, quella dello scavo a partire dal piano di campagna. Per una verifica rigorosa si può fare riferimento allo "Schema di calcolo di una palificata viva" (Cornelini, Zoccoli, 1995 in fig. 1).

$$\begin{aligned}
 a &= 56 \operatorname{tg} 10^\circ = 10 \text{ cm} \\
 b &= (108 - 60 \cos 10^\circ) / \cos 10^\circ = 50 \text{ cm} \\
 c &= 60 + (59 / \cos 10^\circ) \operatorname{tg} 10^\circ = 71 \text{ cm} \\
 d &= 17 + (120 \cos 10^\circ - 27) = 108 \text{ cm} \\
 e &= (60 + 10) \cos 10^\circ = 69 \text{ cm} \\
 f &= 120 / \cos 10^\circ + (59 - 21) \operatorname{tg} 10^\circ = 129 \text{ cm} \\
 g &= 59 - 21 = 38 \text{ cm} \\
 m &= 59 / \cos 10^\circ = 60 \text{ cm}
 \end{aligned}$$



SCALA FORZE 1 CM = 1000 KG
SCALA 1:10

Fig. 1, schema statico rigoroso di una palificata

Si effettua, a titolo di esempio, il calcolo di verifica di una palificata viva doppia alta 2 m e con spessore di 1,65 m, funzionante come opera di sostegno al piede di una scarpata. Tale schema di calcolo vale anche per gli altri tipi di palificate.

Si fa riferimento alle figure seguenti, considerando una palificata lunga 4 m.

Appendice 2 - Cantieri in miniatura di Ingegneria Naturalistica

Paolo Cornelini

Uno dei problemi dei cantieri didattici di ingegneria naturalistica è rappresentato dalla difficoltà di coinvolgere tutti i partecipanti nelle operazioni di realizzazione delle opere per la impossibilità di lavorare tutti contemporaneamente per motivi di sicurezza. E' questo il motivo per cui i partecipanti non dovrebbero superare il numero di 12-15, ma anche così, come è esperienza di tutti, ci sono, comunque, dei tempi morti.

In occasione del primo cantiere didattico della Spagna mediterranea sul fiume Salt presso Girona in Catalogna nel 2007, è iniziata, senza alcuna preparazione specifica, la sperimentazione di una tecnica didattica basata sul coinvolgimento di tutti i partecipanti per la realizzazione di modelli in scala delle principali tecniche di ingegneria naturalistica.

Dato l'interesse suscitato tra i partecipanti, si è proseguito nella sperimentazione dei mini cantieri di ingegneria naturalistica, in occasione delle esercitazioni del corso di Ingegneria Naturalistica dell'Università della Tuscia, e successivamente in moltissimi corsi in Italia e nel mondo.

Per la pianificazione delle attività, con l'obiettivo di verificare, seppur in scala ridotta, tutte le reali problematiche di un intervento di ingegneria naturalistica si consiglia:

- Una scala di lavoro: 1:20 così un tronco di 4 m. diventa di 20 cm ed un diametro di 20 cm diventa di 1 cm
- Come stazione di intervento di campagna una scarpata in terra ove con la zappa si possono realizzare morfologie di dissesto da sistemare
- Come tronchi rami di diametri adeguati o, in caso di acquisto, barre di legno tenero
Per le chiodature si possono usare chiodi di 1 mm di diametro o legature con fil di ferro da 1 mm.

Per quanto riguarda i materiali e gli attrezzi si fa riferimento alla tabella seguente:

ATTREZZI	STRUMENTI	MATERIALI DI CONSUMO
zappa	metro	chiodi D 1 mm
paletta	clinometro	fil di ferro cotto D 1mm
pinze		rami non contorti D 1 cm (ol nocciole) o bacchette di leg modellismo di balsa D1 cm
forbici da giardiniere		bottiglie di acqua per simu scorrimento e l'erosione delle sul versante
martello		



Realizzazione di opere di IN in scala ridotta
Foto P. Cornelini



Modello di grata in scala
Foto P. Cornelini



Modello di palificata latina
Foto P. Cornelini



Modello di palificata Roma
Foto P. Cornelini

INDICE

INTERVENTI ANTIEROSIVI DI RIVESTIMENTO.....	2
Semina a spaglio.....	3
Idrosemina.....	6
Semina con fiorume.....	11
Biotessile in juta (geojuta).....	15
Biotessile in cocco.....	20
Geostuoia tridimensionale sintetica.....	25
Geocelle a nido d'ape in materiale sintetico.....	30
Rete metallica a doppia torsione.....	36
Rivestimento vegetativo in rete metallica a doppia torsione galvanizzata (e plastificata) e biostuoie.....	40
Rivestimento vegetativo a materasso preconfezionato.....	45
INTERVENTI STABILIZZANTI.....	50
Messa a dimora di talee.....	51
Piantagione di arbusti.....	57
Piantagione di alberi.....	64
Trapianto dal selvatico di zolle erbose o ecocelle.....	70
Trapianto di rizomi e di cespi.....	75
Viminata viva.....	80
Gradonata viva.....	86
Cordonata viva.....	93
Fascinata viva su pendio.....	99
INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO.....	104
Grata viva su scarpata.....	105
Palificata viva di sostegno a parete doppia.....	113
Palificata viva di sostegno Roma.....	123
Gabbionata in rete metallica zincata rinverdita.....	130
Terra rinforzata rinverdita.....	135
Rullo con ramaglia viva.....	143
Rullo spondale in fibra di cocco.....	146
Palificata spondale con palo verticale frontale.....	150
Palificata viva spondale.....	156
Pennelli e repellenti vivi.....	161
Materasso spondale in rete metallica rinverdito.....	167
Rampa a blocchi.....	174
Blocchi incatenati.....	178
Scogliera rinverdita.....	182
Briglia in legname e pietrame.....	187