



# PRINCIPI, METODI E DEONTOLOGIA DELL'INGEGNERIA NATURALISTICA



# PRINCIPI METODI E DEONTOLOGIA DELL'INGEGNERIA NATURALISTICA

A cura di:

**REGIONE LAZIO**



Assessorato all'Ambiente e Sviluppo Sostenibile: l'Assessore Marco Mattei

Direzione Ambiente: il Direttore Giuseppe Tanzi

Area Difesa del Suolo e Concessioni Demaniali: il Dirigente Dante Novello

Responsabile tecnico-scientifico: Francesco Gubernale

Supervisione tecnico-operativa: Simona De Bartoli, Giovanni Falco

Redazione:

**AIPIN**

**ASSOCIAZIONE ITALIANA PER L'INGEGNERIA NATURALISTICA**

Convenzione tra Regione Lazio e AIPIN (Reg. Cron. n. 10122 del 22.10.2008)



**Autori:**

**Paolo Cornellini** – Ingegnere e Dottore Naturalista  
Vicepresidente AIPIN e Presidente AIPIN sez. Lazio

**Giuliano Sauli** – Dottore Naturalista  
Presidente Nazionale AIPIN

**Contributi specialistici:**

**Salvatore Puglisi** – Professore Ingegnere  
Vicepresidente AIPIN e Presidente AIPIN sez. Puglia

**Lino Ruggieri** – Dottore Biologo  
Socio esperto AIPIN

**Foto di copertina:**

- *Rinaturazione tratto cementato F. Fella (UD) ante – post operam (foto G. Sauli)*
- *Consolidamento scarpate in sabbia con Palificata "Roma" 2007-2008 - Leprignano (RM) (foto P. Cornellini)*

**Data pubblicazione:**  
**Roma, agosto 2012**

**ISBN**  
(in corso la richiesta)



Con il programma per il triennio 2011/13 la Direzione Ambiente ha inteso proseguire l'azione di divulgazione dell'ingegneria naturalistica, e la formazione e sperimentazione attraverso molteplici attività.

Numerosi sono i corsi di formazione ed i cantieri scuola eseguiti e previsti e oggi la rilevante produzione di pubblicazioni testi scientifici e manuali realizzati dalla nostra Regione si arricchisce di questo nuovo pregevole volume: "Principi, Metodi e Deontologia dell'Ingegneria Naturalistica".

Questo libro non è un manuale, un testo di più ampio respiro che: illustra la metodologia deontologica dell'ingegneria naturalistica, articolata nei vari campi di applicazione; propone i principi per la progettazione; indica le linee guida, i metodi e la casistica degli interventi e delle buone pratiche.

Come nostra tradizione il testo ha un taglio concreto con una ricca galleria fotografica ed è particolarmente indicato anche a chi, per le prime volte, si approccia a questa materia e desidera avere un inquadramento introduttivo a tutte le sue problematiche.

Il lettore è introdotto attraverso un approccio semplice, anche se concettualmente preciso e non riduttivo, focalizzandosi sui concetti fondamentali e illustrandoli con numerosi esempi della cospicua casistica degli autori o tratta dall'archivio dell'Associazione Italiana Per l'Ingegneria Naturalistica.

L'attività della nostra Direzione non rallenta, ed è con piacere annunciare che è allo studio una nuova pubblicazione rivolta all'ambito universitario.

Dante Novello

Dirigente dell'Area Difesa del Suolo e Concessioni Demaniali

Giuseppe Tanzi

Direttore della Direzione regionale Ambiente

## **PRESENTAZIONE**

*Viene qui presentato il volume sulla deontologia dell'Ingegneria Naturalistica che si ripromette di raccogliere e organizzare quanto esiste in Europa e in Italia sulle corrette modalità di esecuzione secondo i principi e metodi di tale disciplina, a partire dalla letteratura e casistica centroeuropea dal dopoguerra ai giorni nostri, per arrivare all'esame critico delle applicazioni che sono state fatte sinora in Italia.*

*Il lavoro è stato commissionato dalla Regione Lazio all'AIPIN nel settembre 2008 e fa seguito ad una copiosa serie di pubblicazioni sull'Ingegneria Naturalistica prodotte nell'ultimo decennio dalla Regione in collaborazione e col patrocinio dell' AIPIN. Tra le pubblicazioni principali vanno citati: i tre Manuali di Ingegneria Naturalistica (2002 – 2006), i Quaderni di cantiere (1 – 18) (2006), il Manuale di Ingegneria Naturalistica per le scuole secondarie (2008).*

*Come detto lo scopo del lavoro è quello di esaminare criticamente quanto e “come” è stato fatto in tema di Ingegneria Naturalistica in Italia, sia in sede di progettazione che di realizzazione, senza la pretesa di aver considerato tutta la possibile casistica.*

*Il tutto è finalizzato a dettare delle regole comportamentali per evitare errori di interpretazione e applicazioni riduttive o errate (spesso per mero calcolo economico) che sono state, in taluni casi, fatte negli ultimi anni in Italia.*

*Il lavoro è impostato secondo una sequenza teorico – pratica che parte dalla riaffermazione e precisazione dei principi e metodi dell'ingegneria naturalistica.*

*Segue una disamina particolareggiata di una casistica di buone pratiche da adottare negli interventi distinti per settore (corsi d'acqua, versanti, ambiti costieri e lagunari, infrastrutture). Un capitolo particolare è dedicato alle sistemazioni idraulico forestali che sono la matrice storica in cui sono nate le tecniche di ingegneria naturalistica.*

*Particolare spazio è stato dato all'esame dettagliato di interventi campione delle singole tecniche, segnalando i più comuni errori di applicazione.*

*La finalità principale del lavoro è stata quella di mettere professionisti ed imprese nelle migliori condizioni operative secondo standard tecnici di corretta esecuzione.*

*Il riconoscimento di questi standard di qualità , corrisponde al livello raggiunto in altri paesi europei nel settore del verde e dell'Ingegneria Naturalistica e vanno affermati anche per l'Italia e considerati irrinunciabili al pari degli altri standard ambientali.*

*Il volume si conclude con una sorta di “decalogo” sotto forma di elenco deontologico che riassume le principali regole comportamentali di riferimento per professionisti e imprese.*

*Il documento va necessariamente considerato “aperto” essendo la casistica degli interventi di ingegneria naturalistica in piena espansione in tutti i settori di applicazione.*

*Paolo Cornellini e Giuliano Sauli - AIPIN*



## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSE</b>	4
1.1	La definizione	4
1.2	Il termine	4
<b>2</b>	<b>METODOLOGIA DEONTOLOGICA DELL'INGEGNERIA NATURALISTICA</b>	6
2.1	Principi per la progettazione degli interventi di ingegneria naturalistica	6
2.1.1	<i>Scelta delle specie e biodiversità</i>	6
2.1.2	<i>Il progetto botanico</i>	6
2.1.3	<i>Il principio del dimensionamento minimo efficace</i>	10
2.1.4	<i>Documentazione di progetto</i>	11
2.1.5	<i>Il principio della dimostrazione che “non si può fare con l'ingegneria naturalistica”. Il caso della Legge Valtellina</i>	13
2.1.6	<i>Deontologia dell'ingegneria naturalistica</i>	13
2.1.7	<i>Trasversalità dell'ingegneria naturalistica e competenze professionali (Giuliano Sauli, Marco Molon)</i>	15
<b>3</b>	<b>RINATURALIZZAZIONE DEI CORSI D'ACQUA (Paolo Cornellini e Lino Ruggieri)</b>	18
3.1	Deontologia dell'ingegneria naturalistica in ambito idraulico	18
3.2	Complessità ecosistemica	18
3.3	Indagine diagnostica	19
3.4	Principali alterazioni della funzionalità dei corsi d'acqua	25
3.4.1	<i>Vegetazione</i>	25
3.4.2	<i>Zoocenosi</i>	27
3.4.3	<i>Regime idrico</i>	28
3.4.4	<i>Qualità delle acque</i>	29
3.4.5	<i>Geomorfologia</i>	30
3.5	Erosione spondale nei tratti a rischio idraulico	36
3.6	Criteri di progettazione naturalistica	37
3.6.1	<i>Spazio di libertà del corso d'acqua</i>	37
3.6.2	<i>Lunghezza minima dell'intervento</i>	38
3.6.3	<i>Livelli di ambizione degli interventi di rinaturazione</i>	38
3.7	Interventi tipologici per il recupero ecomorfologico dei corsi d'acqua	43
3.8	Regole per buone pratiche per gli interventi sui corsi d'acqua	52
<b>4</b>	<b>LE TECNICHE DI INGEGNERIA NATURALISTICA NELLE SISTEMAZIONI IDRAULICO FORESTALI (Salvatore Puglisi)</b>	54
4.1	Cenni storici. Definizioni. Regole	54
4.2	Campi di applicazione	71
4.2.1	<i>Interventi nelle aree franose</i>	71
4.2.2	<i>Interventi localizzati</i>	80
4.2.3	<i>Sistemazione dei corsi d'acqua torrentizi</i>	82
4.2.4	<i>Opere sussidiarie: strade di servizio e viali tagliafuoco</i>	84
4.3	Conclusioni	85
<b>5</b>	<b>INTERVENTI CON TECNICHE DI INGEGNERIA NATURALISTICA SUI VERSANTI (Giuliano Sauli)</b>	90
5.1	Premesse	90
5.2	Casistica interventi su versanti	92
5.2.1	<i>Sistemazione di versante con palificate, gradonate vive e messa a dimora di arbusti autoctoni a seguito di intervento di posa di metanodotto</i>	92
5.2.2	<i>Interventi stabilizzanti e di consolidamento di IN abbinati a briglia filtrante in calcestruzzo</i>	93

5.2.3	<i>Ricostruzione di morfologia naturale e consolidamento sponde con palificate, copertura diffusa, materassi verdi, terre rinforzate verdi .....</i>	94
5.2.4	<i>Esempio di buona riuscita nella sistemazione spondale di un torrente montano soggetto a periodiche alluvioni e con forte trasporto solido. Scogliera con talee di salici e gradonate vive.....</i>	96
5.2.5	<i>Sistemazione di versante di neoformazione a gradonate vive .....</i>	98
5.2.6	<i>Versanti con diverse tipologie di intervento con tecniche di I. N. Ponte ad Arco, Tarvisio (UD).....</i>	99
5.2.7	<i>Consolidamento di versante in palificata viva con pietrame e legname e massi da scogliera .....</i>	100
5.2.8	<i>Scadente riuscita in una sistemazione di versante franoso su ghiaie detritiche con gradonate vive, materassini in fibra organica e briglie ad ombrello .....</i>	100
5.2.9	<i>Valli paramassi con briglie ad ombrello doppie rinverdite con talee di salici .....</i>	104
5.3	<i>Problematiche di impiego di tecniche vive in ambiente mediterraneo .....</i>	105
5.4	<i>Regole per buone pratiche per interventi su versanti.....</i>	106
<b>6</b>	<b>INTERVENTI DI RINATURAZIONE E DI INGEGNERIA NATURALISTICA IN AMBITI COSTIERI DUNALI E LAGUNARI.....</b>	107
6.1	<i>Premesse.....</i>	107
6.2	<i>Casistica di buone pratiche di interventi in ambiti costieri sabbiosi e lagunari.....</i>	108
6.2.1	<i>Interventi di rivegetazione in Laguna di Grado e Marano (GO e UD).....</i>	109
6.2.2	<i>Interventi dunali .....</i>	113
<b>7</b>	<b>INFRASTRUTTURE (Giuliano Sauli) .....</b>	120
7.1	<i>Applicabilità alle infrastrutture viarie dell'Ingegneria Naturalistica e Verde tecnico .....</i>	120
7.2	<i>Tipologie di opere d'arte.....</i>	121
7.2.1	<i>Scarpate a raso o rilevato .....</i>	121
7.2.2	<i>Scarpate in scavo o trincea .....</i>	121
7.2.3	<i>Ponte o viadotto .....</i>	122
7.2.4	<i>Portali delle gallerie .....</i>	123
7.3	<i>Tipologie di intervento.....</i>	124
<b>8</b>	<b>CASISTICA NEGATIVA / POSITIVA DI INTERVENTI CAMPIONE SU COME FARE E NON FARE PER LA CORRETTA ESECUZIONE NELLE APPLICAZIONI DELLE DIVERSE TECNICHE (Giuliano Sauli).....</b>	134
8.1	<i>Principale casistica esaminata.....</i>	134
8.1.1	<i>Biostuoie.....</i>	134
8.1.2	<i>Rivestimento vegetativo in rete metallica e stuoie .....</i>	135
8.1.3	<i>Cotici erbosi in rotolo .....</i>	139
8.1.4	<i>Canalizzazioni.....</i>	140
8.1.5	<i>Siepi.....</i>	141
8.1.6	<i>Cordonata viva.....</i>	143
8.1.7	<i>Viminate vive/morte .....</i>	144
8.1.8	<i>Fascinata viva .....</i>	145
8.1.9	<i>Grata viva .....</i>	146
8.1.10	<i>Palificata viva .....</i>	148
8.1.11	<i>Gabbionate verdi.....</i>	149
8.1.12	<i>Materassi Verdi.....</i>	150
8.1.13	<i>Terre rinforzate verdi.....</i>	152
8.1.14	<i>Scogliera rinverdata .....</i>	155
8.1.15	<i>Muri cellulari .....</i>	156
<b>9</b>	<b>L'INGEGNERIA NATURALISTICA NEGLI INTERVENTI DI MANUTENZIONE.....</b>	157
9.1	<i>Monitoraggio e manutenzione degli interventi di Ingegneria naturalistica su corsi d'acqua e versanti .....</i>	157



9.1.1	<i>Veri e propri interventi di manutenzione .....</i>	157
9.1.2	<i>Interventi di Ingegneria Naturalistica intesi come opere di manutenzione .....</i>	158
9.2	Monitoraggio e manutenzione nelle infrastrutture lineari (da Linea guida strade ISPRA 2010) .....	159
9.2.1	<i>Manutenzione in funzione della strada .....</i>	159
9.2.2	<i>Manutenzione in funzione del verde.....</i>	159
9.2.3	<i>Principi e metodi .....</i>	159
9.2.4	<i>Gli interventi di potatura quale fonte di materiale da propagazione .....</i>	160
9.2.5	<i>Modalità particolari di esecuzione degli interventi di manutenzione del verde da impianto .....</i>	160
9.3	Cartelli segnalatori degli interventi a verde e di IN .....	162
<b>10</b>	<b>CONCLUSIONI.....</b>	164
10.1	Considerazioni conclusive sulla deontologia teorico – pratica dell’Ingegneria Naturalistica .....	164
10.2	Auspicio .....	165
10.3	Regole di buone pratiche nella realizzazione delle tecniche di ingegneria naturalistica ..	166
10.4	Decalogo dell’Ingegneria Naturalistica .....	167
<b>11</b>	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	168
	<b>APPENDICE A – DEFINIZIONI.....</b>	173
	<b>APPENDICE B - NORMATIVE.....</b>	183
	<b>APPENDICE C – DECALOGO FIGURATO DELL’INGEGNERIA NATURALISTICA... </b>	189
	<b>APPENDICE D - DECALOGO DELL’INGEGNERIA NATURALISTICA.....</b>	191
	<b>APPENDICE E – MODALITÀ DI CORRETTA ESECUZIONE DELLE TECNICHE.....</b>	192

## 1 PREMESSE

Il tema del presente volume è la deontologia dell'Ingegneria Naturalistica, cioè l'insieme delle regole comportamentali da adottare da parte di professionisti ed imprese nella progettazione e realizzazione degli interventi.

Viene esaminata in chiave critica una vasta casistica dei vari settori in cui è stata applicata la disciplina, evidenziando i casi di buone pratiche, ma anche applicazioni errate che sono state spesso effettuate negli ultimi anni in Italia.

Il tutto è finalizzato a fornire gli strumenti teorico – pratici per una corretta esecuzione degli interventi di Ingegneria Naturalistica in tutti i settori di applicazione sul territorio e nell'ambito delle infrastrutture.

Per ogni approfondimento sulla casistica e sulle tecniche si rimanda alla copiosa serie di pubblicazioni esistenti in lingua italiana, di cui buona parte prodotte negli ultimi 10 anni dalla Regione Lazio (vedi bibliografia).

Vengono di seguito riassunti l'origine del termine, le definizioni e le finalità dell'Ingegneria Naturalistica.

### 1.1 La definizione

In APPENDICE A viene riportata una serie di definizioni, finalità e metodi storici e recenti dell'Ingegneria Naturalistica, a cui si rimanda.

Per introdurre l'argomento viene di seguito citata la più recente e completa definizione utilizzata che spiega in poche parole in cosa consista appunto l'Ingegneria Naturalistica (Estratto da: AA.VV., "Glossario dinamico per l'ambiente e il paesaggio" in ISPRA - CATAP, *Ambiente, paesaggio e infrastrutture, Volume III*, ISPRA Manuali e Linee Guida n.78.1/2012):

**L'ingegneria naturalistica è una disciplina tecnico - naturalistica che utilizza le piante vive autoctone come materiale da costruzione negli interventi antierosivi, stabilizzanti, di consolidamento o anche di sola rinaturazione, da sole, o in abbinamento con altri materiali (paglia, legno, pietrame, reti metalliche, biostuoie, geosintetici, etc.)."**

Per quanto riguarda le finalità dell'Ingegneria Naturalistica valgono le seguenti:

- 1) **tecnico-funzionale**: con riferimento, ad esempio, all'efficacia antierosiva e di consolidamento di un versante franoso, di una sponda o di una scarpata stradale;
- 2) **naturalistica**: in quanto non semplice copertura a verde, ma ricostruzione o innesco di ecosistemi mediante impiego di specie autoctone dei diversi stadi delle serie dinamiche della vegetazione potenziale dei siti di intervento;
- 3) **paesaggistica**: di "ricucitura" al paesaggio naturale circostante, effetto strettamente collegato all'impiego di specie autoctone;
- 4) **economica**: in quanto strutture competitive e alternative alle opere tradizionali (ad esempio muri
- 5) **socio-economica**: in quanto gli interventi di Ingegneria Naturalistica determinano un indotto sociale ed economico (sviluppo occupazione ambiti montani e collinari, miglioramento della qualità ambientale, gestione ecocompatibile delle risorse naturali) (da: *Linee guida alla progettazione degli interventi di Ingegneria Naturalistica nelle Marche*, 2010 - modificato).

### 1.2 Il termine

Da più parti viene posto il quesito se l'Ingegneria Naturalistica, visto il termine, sia o meno una branca dell'Ingegneria.

Va innanzitutto ricordato che:

- il termine "Ingegneria Naturalistica" fu coniato in pubblica assemblea al convegno di Torino nel 1990, come traduzione ufficiale in italiano del termine originario tedesco "Ingenieurbiologie" ( sino a quel momento si era parlato di "Bioingegneria" termine però



già utilizzato dalla medicina per tutt'altro settore (apparati medicali, ecc.) e quindi non più utilizzabile);

- il termine tedesco “Ingenieurbiologie” letteralmente significa “Biologia ingegneristica”, privilegiando la parte vivente, cioè le piante vive usate appunto per le loro caratteristiche costruttive.

Il termine ingegneria va quindi inteso nel senso ampio del termine, come disciplina che utilizza dati a fini costruttivi, nel nostro caso dati biotecnici legati all'uso delle piante vive, ma anche delle loro combinazioni con altri materiali.

Si riporta una serie di considerazioni recenti emerse in dibattiti in sede internazionale (“in litteris Cornellini maggio 2011”).

*Il termine Ingegneria va inteso anche nella accezione francese di Genie ( da cui in italiano Genio civile, Genio militare ) cioè di disciplina finalizzata alla costruzione e Naturalistica che indica la sua applicazione all'ambiente naturale inteso come ecosistema.*

*I due termini identificano le specifiche finalità tecnico-funzionale e naturalistica , fermo restando che la finalità paesaggistica è una conseguenza della seconda.*

*IN quindi come costruzione di ecosistemi per finalità tecniche (antierosive, stabilizzanti consolidanti e/o naturalistiche (conservazione o realizzazione di unità ecosistemiche, corridoi ecologici faunistici per la conservazione e l'aumento di biodiversità).*

*In genere la finalità tecnica e quella naturalistica (quindi, paesaggistica) , sono presenti insieme negli interventi di IN, pur con diversi pesi relativi. Va riconosciuto un gradiente sinergico tra le due. Infatti maggiore è la funzione tecnica, percentualmente minore è quella naturalistica. Vi sono casi in cui ad esempio l'intervento è prevalente la funzione naturalistica su quella tecnica ( scavo per uno stagno che si rinaturerà spontaneamente, demolizione di una briglia per la continuità della fauna ittica, ecc). altri in cui può prevalere la funzione tecnica a scapito di quella naturalistica.*

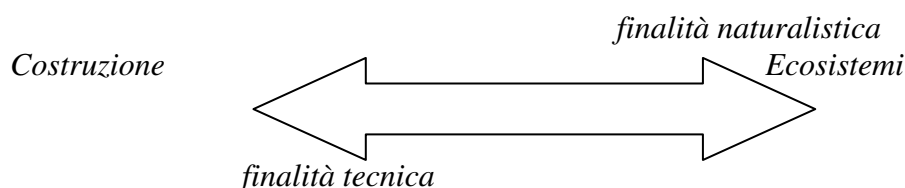
*In tal senso l'Ingegneria Naturalistica può essere definita una disciplina che studia e progetta interventi per la costruzione di ecosistemi.*

*I termini Ingegneria e Natura sono strettamente interconnessi per cui possiamo parlare di:*

*“Costruzione di ecosistemi con finalità naturalistiche “*

*ma anche di*

*“Ecosistemi costruttivi con finalità tecniche ( antierosivi.....)”*



FINALITA' TECNICA	FINALITA' NATURALISTICA
Tecniche antierosive, stabilizzanti, consolidanti, etc.	Piantagioni di specie erbacee, arbustive e arboree per la biodiversità
	Morfotipi destinati a rinaturazione spontanea (scavo stagno)
	Azioni per dare spazio al corso d'acqua (demolizione argini) e continuità faunistica (demolizione briglie)
	Costruzione manufatti per la fauna (scale pesci, ponti orsi, passaggi anfibi)
	Morfotipi naturali sui torrenti montani(step pools)

## **2 METODOLOGIA DEONTOLOGICA DELL'INGEGNERIA NATURALISTICA**

### **2.1 Principi per la progettazione degli interventi di ingegneria naturalistica**

Il progetto di ingegneria naturalistica si propone come un progetto multidisciplinare, dove l'esperto di ingegneria naturalistica lavora insieme agli altri progettisti per individuare gli interventi di rinaturazione e di ingegneria naturalistica per le sistemazioni antierosive e di consolidamento, con l'obiettivo della difesa del suolo, della mitigazione degli impatti dell'opera sull'ambiente, dell'aumento della biodiversità e del miglioramento della rete ecologica esistente.

Dall'analisi delle caratteristiche e delle tipologie del progetto, nonché dalle indagini topografiche, geomorfologiche, geotecniche, pedologiche e vegetazionali, è possibile individuare le tipologie degli interventi di ingegneria naturalistica e di rinaturazione, espresse anche come consorzi vegetazionali.

Vale la considerazione che, nel caso di un progetto di I.N., anche le tradizionali analisi geologiche e topografiche vanno affinate ed approfondite, ad esempio:

- realizzando sezioni topografiche di dettaglio, in quanto la scelta di una tecnica di I.N. è influenzata anche da piccole variazioni di pendenza
- riportando sulle sezioni topografiche di dettaglio gli strati litologici presenti per valutare la capacità biotecnica delle piante di realizzare la stabilizzazione od il consolidamento della scarpata

#### **2.1.1 Scelta delle specie e biodiversità**

Tra le indagini stazionali va particolarmente curata l'analisi botanica, in quanto in un intervento di I.N. la capacità antierosiva e di consolidamento viene affidata, in ultima analisi, alle piante vive, per cui è essenziale individuare le specie e le tipologie vegetazionali da inserire nelle opere.

Nel caso della palificata viva, ad esempio, l'opera ha lo scopo di garantire il consolidamento del piede di una scarpata in alternativa ad un muro di sostegno; a causa dei parametri morfologici ed ecologici, in tale situazione, le piante vive non sono in grado, da subito, di garantire il consolidamento, per cui unitamente ad esse, vengono utilizzati tronchi in legno chiodati tra loro. Con il tempo il legno si decomporrà e gli arbusti e le talee cresciuti sia nella parte aerea che nell'apparato radicale realizzeranno un cespuglieto con il raggiungimento dell'obiettivo progettuale del consolidamento unitamente alle finalità ecologiche e paesaggistiche tipiche delle tecniche di ingegneria naturalistica.

La scelta delle specie floristiche e delle tipologie vegetazionali richiede un accurato studio ecologico della stazione di intervento.

Tale studio ha il compito di individuare a livello microstazionale (ad esempio in quella particolare scarpata in erosione) i parametri ecologici per la individuazione delle specie e delle tipologie vegetazionali di progetto, unitamente alla serie dinamica evolutiva della vegetazione, con l'obiettivo dell'aumento della biodiversità.

La conoscenza della vegetazione reale e potenziale dell'area, nonché la ricostruzione della serie dinamica della vegetazione, risultano quindi elementi fondamentali per la progettazione.

#### **2.1.2 Il progetto botanico**

##### **2.1.2.1 Scelta delle specie e dei materiali**

Il progetto botanico deve individuare, a seguito delle analisi stazionali e con riferimento ai parametri ecologici microstazionali (ad esempio, riguardanti quella particolare scarpata in erosione), la lista con le quantità delle specie di progetto, strutturata secondo le tipologie vegetazionali.



La specie vanno scelte tra quelle:

- coerenti con la flora autoctona a livello, almeno, regionale (in senso biogeografico); nel caso di un'area protetta, il concetto di autoctono va interpretato in senso ancora più ristretto, limitandolo all'area protetta medesima;
- ecologicamente compatibili con i caratteri microstazionali (microclima, substrato, morfologia, etc.) dell'area di intervento;
- appartenenti allo stadio dinamico della serie della vegetazione potenziale, il più evoluto possibile in funzione delle caratteristiche ecologiche della stazione, così come artificialmente realizzate dall'intervento (ad esempio riportando suolo, diminuendo le pendenze, etc.);
- con le necessarie caratteristiche biotecniche.

### 2.1.2.2 Definizioni di specie autoctone e non autoctone

#### Vecchie definizioni

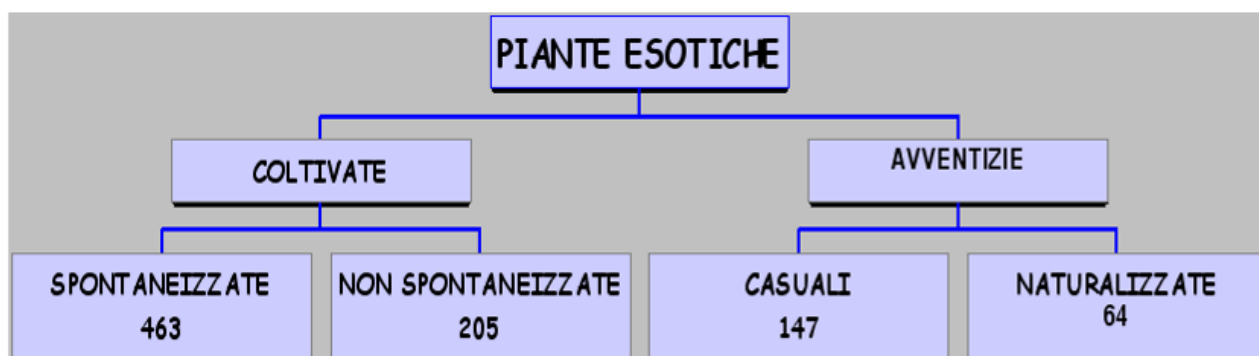
Finora nelle varie edizioni dei Manuali della Regione Lazio sono state usate le definizioni seguenti:  
Specie autoctone: si intendono le entità presenti o pervenute naturalmente in una determinata area prima della comparsa dell'uomo o comunque senza il suo intervento (Viegi, Cela Renzoni, Garbari, 1974).

Specie esotiche: sono entità introdotte intenzionalmente o accidentalmente dall'uomo in zone non comprese nell'areale naturale della loro distribuzione .

Secondo Viegi et.al., 1974 le esotiche si dividono in coltivate e avventizie, cioè introdotte accidentalmente con le attività umane, non oggetto di coltura (Tab. 1).

Tra le coltivate le spontaneizzate sono le esotiche coltivate sfuggite a coltura che si stabiliscono su un territorio ove persistono con mezzi riproduttivi propri (*Cupressus sempervirens*, *Populus canadensis*, *Robinia pseudacacia*, *Prunus laurocerasus*), mentre le non spontaneizzate sono esotiche coltivate che non sfuggono a coltura (*Cedrus libani*, *Cupressus arizonica*, *Ginkgo biloba*).

Tra le avventizie le casuali sono esotiche di presenza temporanea in una o poche località (*Polygonum nepalese*) mentre le naturalizzate sono di presenza costante o persistenti in zone in cui si riproducono con mezzi propri (*Amaranthus retroflexus*, *Veronica persica*, *Aster squamatus*).



Suddivisione e numero delle specie esotiche italiane secondo Viegi et.al., 1974

#### Nuove definizioni

Il Manuale Italiano di Interpretazione degli Habitat della Direttiva 92/43/CEE. Società Botanica Italiana onlus – Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare definisce autoctona una specie che è indigena, originaria del territorio biogeografico considerato.

Il progetto Flora alloctona d'Italia usa le definizioni di Richardson et al.(2000) e Pysek et al.(2004) adattate da Celesti-Grapow et al. alla situazione italiana :

Specie vegetali alloctone- (sinonimi: introdotte, non indigene, esotiche, xenofite) specie vegetali introdotte dall'uomo, deliberatamente o accidentalmente, al di fuori dei loro ambiti di dispersione naturale.

Specie casuali - (sinonimi: effimere, occasionali) specie alloctone che si sviluppano e riproducono spontaneamente ma non formano popolamenti stabili e per il loro mantenimento dipendono dal continuo apporto di nuovi propaguli da parte dell'uomo.

Specie naturalizzate - (sinonimo: stabilizzate) specie alloctone che formano popolamenti stabili indipendenti dall'apporto di nuovi propaguli da parte dell'uomo.

Specie invasive - un sottogruppo di specie naturalizzate in grado di diffondersi velocemente, a considerevoli distanze dalle fonti di propaguli originarie e quindi con la potenzialità di diffondersi su vaste aree.

Specie localmente invasive - specie alloctone che sono state rilevate allo stato invasivo solo in poche stazioni.

Archeofite – specie vegetali alloctone introdotte prima del 1492, ossia prima dell'era di colonialismo europeo seguita alla scoperta dell'America.

Neofite-specie vegetali alloctone introdotte dopo il 1492.

## **Bibliografia**

Biondi E., Blasi C., Burrascano S., Casavecchia S., Copiz R., Del Vico E., Galdenzi D., Gigante D., Lasen C., Spampinato G., Venanzoni R., Zivkovic L.,2009. Manuale Italiano di Interpretazione degli Habitat della Direttiva 92/43/CEE. Società Botanica Italiana onlus – Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare

Celesti-Grapow L.,Pretto F.,Carli E., Blasi C., 2010 .Flora vascolare alloctona e invasiva delle Regioni d'Italia -Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare

Viegi L., Cela Renzoni G., Garbari F., 1974 Flora esotica d'Italia. Lavori Società Biogeografica Italiana. Vol. IV

### 2.1.2.3 Liceità d'impiego delle specie autoctone e alloctone

Per quanto riguarda la selezione delle specie e dei materiali da impiegare nelle tecniche di IN, il concetto generale è quello di impiegare il più possibile materiali naturali e specie autoctone.

Vale inoltre il **principio di realizzare il massimo livello di biodiversità compatibile con le limitazioni funzionali dell'opera.**

Nella tab. 1 l'AIPIN però ha fatto un tentativo di schematizzare la graduatoria di preferibilità e liceità di impiego di specie e materiali nei vari possibili ambiti territoriali di impiego.

Ambiti di impiego			Piante naturalità crescente da ds a sin			Materiali utilizzabili naturalità crescente da ds a sin		
			Piante autoctone	Piante esotiche naturalizzate	Piante alloctone di recente introduzione	Materiali naturali	Materiali biodegradabili	Materiali artificiali
1	Naturalità 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 e idraulici per la protezione diretta di edifici e infrastrutture esistenti

Preferibilità / liceità d'impiego dei materiali vivi e morti per le tecniche di Ingegneria Naturalistica – AIPIN (modificata 2011)

Nella citata tabella veniva riportata la dicitura “piante esotiche di recente introduzione”, che viene ora aggiornata, per coerenza con le nuove definizioni, con “Piante alloctone di recente introduzione” che tiene conto di alcune specie introdotte in Italia negli ultimi anni per interventi stabilizzanti e non censite nella Flora vascolare alloctona e invasiva delle Regioni d'Italia (Celesti-Grapow L., Pretto F., Carli E., Blasi C., 2010)

Per quanto riguarda, quindi, tali specie alloctone con buone caratteristiche biotecniche di recente introduzione sul mercato italiano, quali il vetiver ed alcune altre graminacee esotiche proposte dal mercato, prima di proporle l'uso in Italia, si è in attesa di maggiori conoscenze sul comportamento della specie nel senso ecosistemico, che potranno derivare da una sperimentazione pluriennale finalizzata a fornire risposte ai seguenti quesiti:

- Consente la successione verso stadi di vegetazione naturale?
- Consente la successione solo se le specie legnose autoctone, da impiantare quindi contestualmente, riescono a installarsi ed a crescere fino ad ombreggiarla?
- Risulta invasiva a comportamento monospecifico e banalizzante?
- Avrà comportamento infestante?
- E' davvero importata con cloni sterili e comunque non si diffonde per via vegetativa?
- I cultivar prima dell'uso in Italia sono stati selezionati e monitorati, come in Australia, ove la linea sterile (Monto vetiver) è stata sottoposta a rigoroso monitoraggio per 8 anni prima di essere impiegata nel territorio?

E' quindi necessario, nel prossimo futuro, sottoporre il comportamento del vetiver e delle altre esotiche a sperimentazione controllata mediante progetti di monitoraggio e ricerca, a cominciare dalle aree urbane, parchi e giardini, aree industriali, infrastrutture viarie, cave e discariche; resta, per il momento, da escluderne l'impiego nelle aree protette, parchi e riserve naturali, aree di elevata naturalità, etc., mentre il suo uso futuro quale specie consolidante/preparatoria nei settori della difesa del suolo va attentamente valutato a seguito di test e sperimentazioni, (Sauli, 2002) sull'esempio dell'esperienza australiana che rispondano ai quesiti di cui sopra.

Esistono, quindi, problematiche ambientali sull'impiego del Vetiver in Italia, in quanto è vero che possiede indubbie caratteristiche biotecniche che la rendono, in assoluto, specie interessante per gli interventi di ingegneria naturalistica, ma, essendo specie esotica per l'Italia, il suo uso contrasta con i principi deontologici della disciplina.

Come si vede dalla tabella, benché l'IN si basi principalmente sull'impiego delle specie autoctone, l'uso di specie esotiche non viene escluso in assoluto. Vi sono infatti ambiti di impiego, quali i parchi e giardini e le aree urbane in genere in cui le specie esotiche sono normalmente impiegate, anche se più per uso ornamentale e di architettura verde e non con finalità funzionali.

Merita attenzione particolare il caso delle aree industriali per le quali vanno fatti alcuni distinguo:

- le aree industriali in senso urbanistico, con concentrazione di insediamenti, infrastrutture, ecc. nelle quali vale quanto detto per il verde urbano ed in cui possono essere impiegate anche specie esotiche con funzioni biotecniche;
- le aree industriali con collocazione territoriale extraurbana (cave, discariche, stazioni elettriche, centrali, ecc.) in cui prevale la regola di realizzare con il verde il massimo livello di biodiversità possibile, che vincola evidentemente all'uso delle specie autoctone.

Per quanto riguarda i materiali artificiali, va rimarcato che l'avvento dell'uso dei geosintetici negli ultimi 20 anni in Italia ha prodotto spesso un uso improprio degli stessi in tecniche combinate, in cui però spesso l'elemento vivente (piante) non viene inteso secondo la corretta filosofia dell'ingegneria naturalistica, limitando ad esempio l'intervento a verde ad una semplice idrosemina con risultati spesso scadenti.

### ***2.1.3 Il principio del dimensionamento minimo efficace***

Vale il principio di adottare nelle scelte di progetto le tecniche a minor livello di energia (complessità, tecnicismo, artificialità, rigidità, costo) a pari risultato funzionale / biologico come rappresentato per maggior chiarezza nello schema che segue (da Manuale 2 Regione Lazio).

Secondo lo schema due sono i possibili errori da evitare:

**L'errore deontologico** se, ad esempio, si intervenisse con una terra rinforzata laddove fosse sufficiente una biostuoia, più semplice e meno costosa; quindi sovradimensionare le opere, anche se di ingegneria naturalistica, per l'incapacità (o peggio condizionamenti di natura economica) di scegliere la soluzione efficace più semplice e meno costosa è un grave errore deontologico.

**L'errore tecnico** ove, per eccesso di entusiasmo naturalistico, si realizzasse una fascinata spondale, destinata allo scalzamento da parte della corrente, al posto di una gabbionata rinverdita, unica opera che possa resistere in quella situazione idraulica. Questo errore è dovuto **alla incapacità di valutare i limiti delle tecniche di IN** talvolta collegata a preclusioni preconcepite sull'impiego di materiali artificiali da parte di una certa mentalità ambientalista.

Si ammette ad esempio l'uso di massi da scogliera di provenienza esogena, in corsi d'acqua torrentizi a fondo ghiaioso, pur di non usare i gabbioni che consentono viceversa l'impiego degli stessi materiali ghiaiosi locali, ricadendo in tal modo questa scelta condizionata nel caso precedente degli errori deontologici (sovradimensionamento).



### 2.1.4 Documentazione di progetto

Gli interventi a verde e di ingegneria naturalistica sono soggetti alle stesse fasi e modalità di progettazione delle altre opere.

Va prodotta in sede di progetto, con l'approfondimento derivante dalla fase (preliminare, definitiva, esecutiva) e in analogia con gli altri interventi la documentazione che segue.

Si tenga presente che normalmente il progetto degli interventi a verde e di Ingegneria Naturalistica fa parte di un progetto generale di una opera/infrastruttura e quindi alcuni documenti non vengono prodotti se non per la parte di competenza (Piano Sicurezza, Programma di monitoraggio e manutenzione, capitolato d'appalto, ecc.).

Nelle varie fasi è implicito che i dati di analisi si recuperano, ove esistenti dalla fase precedente, salvo espresse necessità di approfondimento. In assenza di tale disponibilità i dati essenziali di analisi vanno comunque prodotti in ogni fase a supporto delle scelte progettuali.

Di seguito è riportata la documentazione di progetto degli interventi a verde per le diverse fasi della progettazione (in linea con la Legge Merloni e succ. ma integrata con numerose esperienze di consolidata pratica progettuale di interventi naturalistici):.

### STUDIO DI FATTIBILITA' (per uso interno dell'Ente)

1. Premessa
2. Aspetti climatici
3. Aspetti geologici, geomorfologici (da SIA)
4. Vincolistica (da SIA)
5. Aspetti botanici (da SIA)
6. Proposte progettuali
7. Documentazione fotografica
8. Corografia

### PROGETTO PRELIMINARE

1. Premessa

2. Aspetti climatici
3. Aspetti geologici, geomorfologici (da SIA )
4. Vincolistica (da SIA)
5. Pedologia (eventuale, in funzione della problematica)
6. Vegetazione naturale e potenziale (da SIA con approfondimenti)
7. Aspetti faunistici (eventuali da SIA)
8. Corografia (1:25.000)
9. Planimetria degli interventi (scale varie)
10. Sezioni tipo degli interventi
11. Relazione tecnica con proposte progettuali
12. Proposte di mitigazioni faunistiche (deframmentazione e/o implementazione di habitat)
13. Documentazione fotografica
14. Quadro economico, Stima dei costi
15. Piano Catastale

## **PROGETTO DEFINITIVO**

1. Relazione geologica/idrogeologica (da SIA e/o da progetto infrastruttura)
2. Relazione pedologica
3. Relazione botanico-vegetazionale
4. FOTOSIMULAZIONI
5. Corografia (1:25.000)
6. Fotomosaico
7. Planimetria catastale dell'area di intervento
8. Planimetria dello stato di fatto
9. Planimetria del progetto degli interventi di IN sulla base del progetto dell'infrastruttura (scale 1: 1.000 – 1:5.000)
10. Sezioni degli interventi a verde e di IN sulla base delle sezioni del progetto dell'infrastruttura (scala 1: 200 – 1:500)
11. Sezioni tipo e particolari costruttivi per gli interventi di rivegetazione, IN e verde tecnico (1:50 – 1:100)
12. Relazione tecnica di progetto contenente tra l'altro:
  - Tabelle delle miscele delle specie erbacee per le semine
  - Tabelle delle specie legnose di impiego distinte tra arbustive ed arboree
  - Sesti di impianto tipologici con le specie di alberi/arbusti
  - Descrizione degli interventi a verde, di IN e verde tecnico
13. Stima dei costi
14. Documentazione fotografica

## **PROGETTO ESECUTIVO**

1. Relazione geologica/idrogeologica (da SIA e/o da progetto infrastruttura)
2. Verifiche geotecniche
3. Relazione pedologica (da prog. Definitivo o originale)
4. Relazione botanico-vegetazionale (da prog. Definitivo o originale)
5. Relazione tecnica di progetto contenente:
  - Tabelle delle miscele delle specie erbacee per le semine
  - Tabelle delle specie legnose di impiego distinte tra arbustive ed arboree
  - Piani di scarpata per ogni singola superficie di intervento (sesti di impianto con indicate le percentuali di specie di alberi/arbusti)
  - Descrizione degli interventi a verde, di IN e verde tecnico
6. Elenco prezzi
7. Analisi nuovi prezzi



8. Computo metrico estimativo
9. Documentazione fotografica
10. Corografia (25.000)
11. Planimetria catastale dell'area di intervento (1:2.000) con le aree di ingombro degli interventi a verde
12. Planimetria del progetto degli interventi di IN (scale esecutive in genere 1:1.000 – 1:500)
13. Sezioni degli interventi a verde e di IN (scale esecutive)
14. Sezioni tipo e particolari costruttivi per gli interventi di rivegetazione, IN e verde tecnico (scale esecutive)
15. Voci di capitolato da inserire nel Capitolato speciale d'appalto
16. Elementi per il Piano di sicurezza (parte di competenza)
17. Elementi per i Programmi di monitoraggio e manutenzione (parte di competenza)
18. Cronoprogramma dell'esecuzione degli interventi a verde riferito al crono programma del progetto dell'infrastruttura
19. Quadro incidenza percentuale della manodopera (pro parte)

### ***2.1.5 Il principio della dimostrazione che “non si può fare con l'ingegneria naturalistica”. Il caso della Legge Valtellina***

Nell'ambito delle approvazioni di piani e progetti contenenti opere di ingegneria naturalistica da parte di Enti competenti va seguito l'esempio della cosiddetta “Legge Valtellina” (L. 2 maggio 1990 n° 102 “Disposizioni per la ricostruzione e la rinascita della Valtellina”) che faceva seguito agli eventi catastrofici verificatisi nel luglio del 1987 e destinava in un primo momento 2.400 miliardi di lire. Fu prodotto un Piano di interventi che fu presentato per l'approvazione al Ministero dell'Ambiente a fine anni '90 e che conteneva centinaia di “Schede progetto” relativi a 1.200 miliardi di lire destinati sia alla ricostruzione che alla prevenzione. Le schede contenevano a loro volta gli elementi essenziali di ogni singolo intervento progettato, trattandosi principalmente di sistemazioni idrauliche relative a vari bacini e in particolare quelli del Tartano, Mallero e Torreggio. Le schede, predisposte dalla Regione Lombardia e dalla provincia di Sondrio riassumevano gli elementi essenziali di ogni singolo progetto e contenevano per la prima volta in Italia una voce che recitava: **“Il progettista dimostri che gli interventi progettati non potevano essere eseguiti con tecniche di ingegneria naturalistica”**. Veniva in tal modo responsabilizzato il singolo progettista sulla dimostrazione delle scelte operate:

1. applicando il principio del dimensionamento minimo efficace;
2. dimostrando tecnicamente la scelta di adottare opere tradizionali al posto di opere di Ingegneria Naturalistica;
3. riconoscendo i limiti delle possibilità offerte dall'Ingegneria Naturalistica, spesso inefficace per risolvere le problematiche delle sistemazioni idrauliche nei torrenti montani.

**Tale esempio va seguito introducendo tale prescrizione in tutte le sedi decisionali e normative nazionali e regionali relative a progetti ed interventi che “potrebbero” essere effettuati con l'Ingegneria Naturalistica.**

### ***2.1.6 Deontologia dell'ingegneria naturalistica***

Come in tutte le discipline, anche nell'ingegneria naturalistica si stanno affermando alcune regole comportamentali di riferimento per i professionisti, i funzionari e gli imprenditori che si occupano degli interventi di IN.

Si parte dalla definizione di deontologia:

(Da vocabolario della lingua italiana - Zingarelli): La deontologia viene definita come la trattazione dei doveri inerenti a particolari categorie di persone; oggi se ne parla soprattutto nel campo della medicina, ma anche le altre categorie professionali si rifanno a codici etici che indicano il corretto comportamento.

(da Wikipedia): intendendosi la deontologia professionale, cioè: La deontologia professionale consiste nell'insieme delle regole comportamentali, il cosiddetto "codice etico", che si riferisce in questo caso ad una determinata categoria professionale”.

### **Il codice deontologico AIPIN**

Vengono riportati in estratto alcuni articoli di contenuto tecnico-deontologico derivati dal codice deontologico dell'AIPIN (Approvato dall'Assemblea generale ordinaria del 21 febbraio 1997).

#### **Premessa**

Il termine Ingegneria Naturalistica viene inteso come equivalente del tedesco “Ingenieurbiologie”. Per ingegneria naturalistica si intende la disciplina tecnico-naturalistica che utilizza:

- tecniche di rinaturalizzazione finalizzate alla realizzazione di ambienti idonei a specie o comunità vegetali e/o animali
- le piante vive, o parti di esse, quali materiali da costruzione, da sole o in abbinamento con altri materiali
- materiali, anche solo inerti, infrastrutture ed altri provvedimenti volti a fornire condizioni favorevoli alla vita di specie animali

Vengono impiegati i termini: “ingegneria” in quanto si utilizzano dati tecnici e scientifici a fini costruttivi, di consolidamento ed antiersivi; “naturalistica” in quanto tali funzioni sono legate ad organismi viventi, in prevalenza piante di specie autoctone, con finalità di ricostruzione di ecosistemi tendenti al naturale ed all'aumento della biodiversità.

omissis

#### **Principi di base**

Art. 4 Il socio AIPIN si adopera in tutte le sedi e in particolare in quella progettuale per la priorità delle finalità naturalistiche degli interventi. L'impiego di tecnologia e materiali non naturali è possibile nei casi di necessità strutturale e/o funzionale normalmente in abbinamento con materiale vivente. Deve comunque essere adottata la tecnologia meno complessa a pari risultato, considerando anche l'ipotesi del non intervento

Art.5 Il socio AIPIN deve agire sempre con integrità scientifica, diligenza e onestà riconoscendo nella caratterizzazione interdisciplinare dell'I.N. i limiti della propria competenza professionale, ricorrendo all'altrui competenza nelle attività professionali che la richiedano. In tali casi deve risultare chiaramente l'apporto di ciascuno

Art. 6 Le tecniche di I.N. riconosciute dall'AIPIN sono quelle elencate nelle “Voci di Capitolato” dal Comitato tecnico Capitolato; aggiunte e aggiornamenti vengono sottoposti al Comitato tecnico stesso e ratificati dal CDN

omissis

#### **Obblighi professionali**

Art. 11 Il rapporto con il committente è di natura contrattuale e deve essere improntato alla massima lealtà e correttezza ed espletato secondo scienza, coscienza e diligenza. Il socio AIPIN deve instaurare un rapporto fiduciario con il committente eseguendo esattamente e diligentemente l'incarico conferitogli. Deve tutelare altresì gli interessi del committente nel miglior modo possibile, purché questo non contrasti con quelli della collettività, dello stesso oggetto di intervento o con la sua professionalità, o il prestigio dell'Associazione

Art. 12 Nel caso in cui le soluzioni tecniche indicate dal committente e/o imposte da organi di controllo contrastino con le finalità dell'Ingegneria Naturalistica, il socio dovrà fare opera di sensibilizzazione presso il committente al fine di introdurre in toto o in parte tecniche di I.N.. Qualora ciò non sia possibile il socio, per l'opera in oggetto non potrà fregiarsi del titolo di appartenenza all'Associazione.

### **2.1.7 Trasversalità dell'ingegneria naturalistica e competenze professionali (Giuliano Sauli, Marco Molon)**

Nel caso dell'Ingegneria Naturalistica va riconosciuto il principio della “trasversalità” in quanto nella progettazione degli interventi si utilizzano dati e conoscenze derivanti da altre discipline.

Vengono di seguito riportati due documenti che elencano le principali discipline utilizzate:

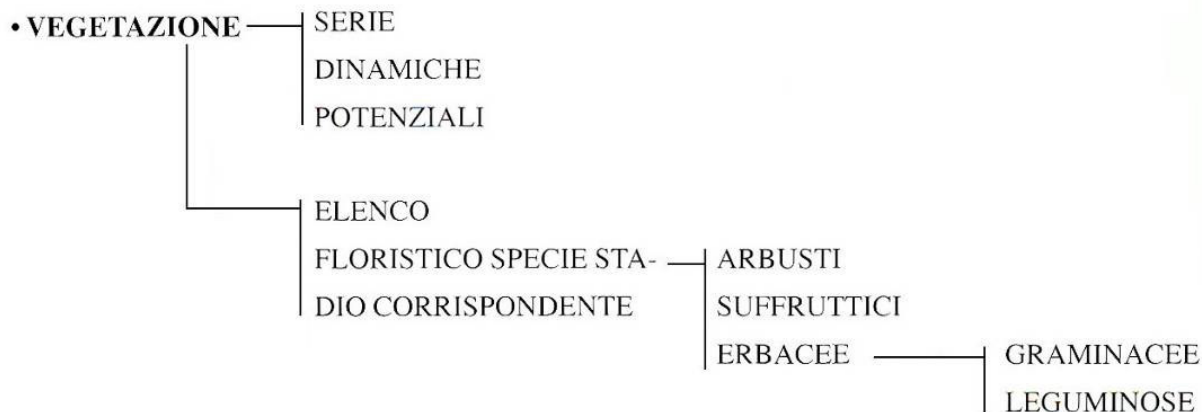
1 - Settori di analisi finalizzate ad opere di mitigazione con tecniche di Ingegneria Naturalistica (da Manuale 2 Regione Lazio)

• **GEOLITOLOGIA, GEOMECCANICA**

• **GEOMORFOLOGIA, IDROLOGIA**

• **PEDOLOGIA**

• **TOPOCLIMA, MICROCLIMA**



• **GEOTECNICA - VERIFICA STATICA**

• **IDRAULICA**

• **BIOTECNICA SPECIE VEGETALI**

• **INTERFERENZA CON DINAMISMI FAUNISTICI**

• **TECNOLOGIA DEI MATERIALI**

<b>Ambito professionale</b>	<b>Conoscenze specifiche in merito all'Ingegneria Naturalistica</b>	<b>Potenzialità nello sviluppo del progetto</b>
Botanico	Fitosociologia Geobotanica	Rilievi vegetazionali quale base conoscitiva del progetto Verifica piante, verifica di qualità Controllo attecchimento Monitoring sviluppo della vegetazione
Ingegnere parchi e giardini	Suolo, concimazione, miglioramento del terreno, piante Metodi di piantagione	Insediamiento e cura delle piante Controllo del successo dell'inerbimento
Agronomo	Suolo, concimazione, miglioramento del terreno, piante Metodi di inerbimento	Insediamiento e cura delle piante Vegetazione erbacea, controllo del successo dell'inerbimento
Forestale	Suolo, concimazione, miglioramento del terreno, piante Nozioni silvicolturali, abbattimento di alberi	Rimboschimento, cura del bosco di protezione, sistemazione dei bacini montani, verifica successo rimboschimento
Costruzione del paesaggio, ingegnere	Costruzioni in terra ed idrauliche di piccole dimensioni Preparazione del sito e del terreno Insediamento delle piante	Progettazione, esecuzione e cura delle opere di IN
Architetto del paesaggio	Processo di pianificazione, progetti quadro, progettazione, Studi di impatto ambientale, Progetti di inserimento paesaggistico, FFHV, Costruzioni in terra ed idrauliche di piccole dimensioni Preparazione del sito e del terreno Insediamento delle piante	Progetti quadro, progettazione, Direzione lavori paesaggistica
Ingegnere idraulico, opere fluviali, di sistemazione dei torrenti, di protezione delle coste	Opere idrauliche di protezione, verifica di stabilità, tecniche costruttive, progetti quadro, progettazione, realizzazione	Progetti quadro, perizie specialistiche, idrotecnica, fattibilità, progettazione, direzione lavori Verifica obiettivi gestione delle acque
Ingegnere stradale	Opere stradali, tecniche costruttive, opere in terra, opere di drenaggio, verifica di stabilità, progetti quadro, progettazione, realizzazione	Progetti quadro, progettazione, direzione lavori, realizzazione
Ingegnere settore minerario	Geotecnica, tecniche costruttive, Ingegneria dei processi, progetti quadro, progetto gestione impianti, progettazione	Progetti quadro, progettazione, direzione lavori, realizzazione

<sup>1</sup> sulla base di Bernardi, M.; Breuer, P.; Florineth, F.; Johannsen, R.; Meszmer, F.; Rümmler, R.; Weibel, T. 1988 modificato Johannsen 2007 (grassetto)

Geotecnico	Geotecnica, verifica di stabilità	Perizie, fattibilità, progettazione morfologia, progetto di recupero, verifica obiettivi geotecnici
Ingegnere ambiente e territorio/ Ingegnere topografo	Ingegneria ambiente e territorio, miglioramenti fondiari, progettazione stradale rurale, pedologia, agronomia, idrotecnica	Progetti quadro, interventi di miglioramento fondiario, costruzione strade rurali, strutture agrarie Progettazione, direzione lavori, realizzazione Verifica obiettivi di miglioramento fondiario

Gruppi professionali, le loro conoscenze sulla base degli studi fatti e le loro competenze in merito alla realizzazione delle opere di ingegneria naturalistica

Come si noterà nella tabella formulata dai colleghi tedeschi è male individuata la figura professionale del Geologo che per l'Italia va ulteriormente dettagliata nel campo di attività. E' compito del singolo professionista richiedere il contributo di altre professionalità per la formulazione di perizie settore necessarie alla progettazione degli interventi previsti a seconda delle rispettive competenze. Va da sé che in caso di interventi semplici, è sufficiente un solo professionista.

### 3 RINATURALIZZAZIONE DEI CORSI D'ACQUA (Paolo Cornellini e Lino Ruggieri)

#### 3.1 Deontologia dell'ingegneria naturalistica in ambito idraulico

LA DIRETTIVA QUADRO SULLE ACQUE 2000/60/CE presenta una riforma fondamentale della legislazione Europea sulle acque, per il raggiungimento del “buono stato” dei corpi idrici entro il 2015.

In tal senso nella valutazione dello “stato” dei corpi idrici gli elementi biologici risultano determinanti, rispetto a quelli idromorfologici e chimico-fisici

*L'importanza che la Direttiva dà agli elementi biologici (per i fiumi: composizione e abbondanza della flora acquatica, composizione e abbondanza dei macroinvertebrati bentonici, composizione, abbondanza e struttura di età della fauna ittica) rappresenta una vera e propria rivoluzione culturale, che vede ribaltata l'impostazione del monitoraggio chimico, volta a considerare la qualità degli ambienti acquatici esclusivamente attraverso indicatori di impatto sull'elemento “acqua”, disinteressandosi totalmente dell'ecosistema. (IFF 2007)*

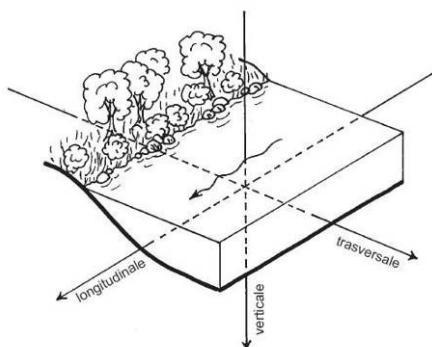
#### 3.2 Complessità ecosistemica

Il corso d'acqua nell'insieme, con l'alveo bagnato, le sponde, le rive, la falda e il bacino costituisce un complesso che deve essere analizzato globalmente (Lachat 1991) per cui una modifica a una delle componenti comporta un mutamento al sistema stesso. Questo determina nella fase diagnostica la necessità di una analisi globale di tutte le componenti.

*I corsi d'acqua sono una successione di ecosistemi “aperti” (dotati cioè di importanti interconnessioni trofiche, flussi di materia ed energia) non solo in senso longitudinale, ma anche trasversale e verticale; in essi le fasce di vegetazione riparia esplicano un ruolo talmente importante da divenire inscindibili dal fiume in senso stretto (IFF 2007).*

*Una particolarità degli habitat di acqua corrente è l'associazione tra una grande eterogeneità spaziale e una forte variabilità temporale (si parla di mosaici dinamici). Questa organizzazione dello spazio permette la coesistenza di specie dotate di preferenze d'habitat, di cicli di vita e di strategie molto diverse. La biodiversità è dunque il risultato di tre fattori: **eterogeneità**, **variabilità**, **connettività**. Sarà allora facile intuire l'importanza di mantenere la diversità ambientale a tutte le scale, da quella dei microhabitat a quella dell'intero reticolo. (Sansoni G. 2007)*

Questa interpretazione ecosistemica e pluridimensionale del corso d'acqua ne fa comprendere la vulnerabilità a interventi che interrompano la continuità del flusso idrico nella direzione longitudinale (dighe, briglie), trasversale (sponde ed argini impermeabili) e verticale (rivestimenti impermeabili del fondo).



Approccio pluridimensionale all'ambiente fluviale (IFF 2007)

### 3.3 Indagine diagnostica

Nelle indagini finalizzate alla rinaturalizzazione di un corso d'acqua è necessario prendere in considerazione tutte le componenti ecosistemiche, con una visione olistica dei loro rapporti funzionali, evidenziando le problematiche in atto.

E' necessario, quindi, oltre alla descrizione dell'ambiente una valutazione della sua qualità al fine di meglio orientare le scelte progettuali. Se, ad esempio, la individuazione di tratti con presenza di vegetazione ripariale di pregio pone il problema della loro salvaguardia e conservazione, all'opposto la individuazione di tratti con forte pressione antropica pone il problema della loro riqualificazione.

Vanno altresì individuati i tratti ove le problematiche erosive in atto interessano aree a rischio idraulico per le infrastrutture e non sono compatibili con l'opzione zero di non intervento.

Può essere utile in tal senso la **SCHEDA DI VALUTAZIONE SPEDITIVA PER GLI INTERVENTI DI INGEGNERIA NATURALISTICA IN AMBIENTE IDRAULICO** (Cornellini, Sauli, Ruggieri, 2010), mutuata dalla Scheda della Qualità Ambientale di un corso d'acqua (Manuale Regione Lazio settore idraulico, 2002) e modificata tenendo conto del Manuale IFF 2007.

La scheda, che vale per le acque dolci correnti, contiene dieci domande per le quali è prevista una sola risposta (la più rispondente alla realtà), nella consapevolezza della impossibilità di interpretare tutte le articolazioni emerse nel rilevamento.

I valori numerici sono espressi in scala esponenziale; tale scelta, puramente soggettiva, deriva da una verifica pluriennale nell'attività professionale di tale scala (Sartori, 1986) nelle valutazioni di qualità ambientale.

La classe di qualità va calcolata sia per la sponda DX che per la SX, sommando ai relativi valori di ogni sponda quelli dell'alveo che va, quindi, computato due volte con un punteggio MAX per ogni sponda di 120 e MIN di 8.

Il risultato degli studi va riportato su cartografie in scala 1:10.000 rappresentando lungo le sponde destra e sinistra due linee con i colori della classe corrispondente.

La compilazione prevede, nella parte del corso d'acqua interessato dagli interventi di rinaturazione, la identificazione di tratti di caratteristiche omogenee per ognuno dei quali va compilata una scheda con relativa foto. Le schede possono essere riportate in tabelle di rilievi, nelle quali ad ogni 2 colonne (sponda DX e SX) corrisponde un tratto del corso d'acqua.

Tali tratti, dato lo scopo di fornire una lettura di insieme per orientare le scelte progettuali e la scala di restituzione 1:10.000, non devono essere troppo brevi (minimo 40-50 m) e devono ignorare le discontinuità puntuali, quali un ponte od altre opere idrauliche. La scheda, oltre che per una valutazione *ante operam*, è indicata anche per una valutazione *post operam*, per verificare l'aumento di qualità ambientale a seguito di interventi di ingegneria naturalistica.

La scheda diagnostica valuta separatamente la qualità ambientale del corso d'acqua tramite le componenti ecosistemiche (domande 1-9) e la stabilità delle sponde (domanda 10):

**1) le componenti ecosistemiche.**

- Vegetazione: domande 1-4
- Zoocenosi acquatiche: domande 6,7,8 e 9
- Qualità delle acque: domanda 5
- Regime idraulico che influenza le fasce di vegetazione, la forma e le dimensioni dell'alveo, la fauna : domanda 6
- Geomorfologia: domande 7, 8

**2) La stabilità delle sponde nelle zone a rischio idraulico, in vista di un intervento di ingegneria naturalistica : domanda 10.**



Va sottolineato come l'erosione spondale, in quanto elemento fondamentale del dinamismo fluviale, viene valutata positivamente nel primo insieme di domande, mentre L'erosione che induce l'instabilità spondale viene, invece, considerata un elemento di degrado sul quale **intervenire solo nelle zone a rischio idraulico**. La domanda n.10 risulta fondamentale date le finalità della scheda nata per valutare la necessità di eventuali interventi di ingegneria naturalistica in ambito idraulico. Secondo i valori attribuiti a ciascuna componente viene valutato lo stato di salute di un tratto di un corso d'acqua e la stabilità spondale in funzione della necessità di un intervento. Dalla analisi delle componenti (domande 1-9) risulta un giudizio complessivo sulla qualità del tratto esaminato, nonché sulla necessità di intervenire per la stabilizzazione delle sponde (domanda 10). Risulta però importante ai fini di un intervento valutare lo stato di ogni componente per capire ove indirizzare le azioni progettuali, utilizzando le tabelle successive alla scheda.

### **SCHEDA DI VALUTAZIONE SPEDITIVA PER GLI INTERVENTI DI INGEGNERIA NATURALISTICA IN AMBIENTE IDRAULICO (Cornellini, Sauli, Ruggieri 2011)**

SCHEDA N.			
FOTO N.			
DATA			
CORSO D'ACQUA			
COMUNE			
LOCALITA'			
ALTITUDINE			
LUNGHEZZA TRATTO ESAMINATO			
OSSERVAZIONI			
<b>VALUTAZIONE DELLA QUALITA' AMBIENTALE</b>			
	SPONDA	SX	DX
<b>VEGETAZIONE</b>			
<b>1 TERRITORIO TERRESTRE CIRCOSTANTE</b>			
boschi autoctoni, vegetazione potenziale		16	16
cespuglieti, boscaglie autoctone		8	8
incolti, prati pascoli, formazioni legnose sinantropiche		4	4
colture agrarie		2	2
aree urbanizzate		1	1
<b>2 VEGETAZIONE FASCIA RIPARIALE</b>			
2.1 formazioni arboree ripariali autoctone (saliceti, ontaneti, pioppeti)		16	16
2.2 formazioni arbustive ripariali autoctone (saliceti, cespuglieti igrofilo), popolamenti elofitici, cariceti, formazioni erbacee igrofile, formazioni arboree ripariali autoctone (saliceti, ontaneti, pioppeti) con presenze di specie sinantropiche		8	8
incolti, prati pascoli, formazioni sinantropiche (robinieti, roveti, canneti ad <i>Arundo donax</i> )		4	4
colture agrarie		2	2
assenza di vegetazione		1	1
<b>3 AMPIEZZA FASCIA RIPARIALE</b>			
Fascia ripariale autoctona ( 2.1,2.2) maggiore di 10 m.		16	16
Fascia ripariale autoctona ( 2.1,2.2) 5 -10 m.		8	8
Fascia ripariale autoctona ( 2.1,2.2) 2 -5 m.		4	4
assenza fascia ripariale autoctona ( 2.1,2.2)		1	1
<b>4 CONTINUITA' FASCIA RIPARIALE</b>			
Fascia ripariale autoctona ( 2.1,2.2) senza interruzioni		16	16
Fascia ripariale autoctona ( 2.1,2.2) con interruzioni saltuarie		8	8
Fascia ripariale autoctona ( 2.1,2.2) con interruzioni frequenti		4	4
assenza fascia ripariale autoctona ( 2.1,2.2)		1	1
<b>5 QUALITA' DELLE ACQUE</b>		<b>ALVEO</b>	
acque non inquinate		16	

acque leggermente inquinate	8	
acque inquinate	4	
acque molto inquinate	2	
acque fortemente inquinate	1	
<b>6 REGIME IDRICO</b>		
Assenza di alterazioni del regime idrico	16	
Presenza di prelievi che modificano solo lievemente il regime idrico	8	
Presenza di prelievi che modificano significativamente il regime idrico	4	
Presenza di regolazione delle portate, con il verificarsi di fenomeni di picchi improvvisi (hydropeaking)	2	
Presenza di prelievi che alterano completamente il regime idrico, con determinazione di periodi di siccità	1	
<b>GEOMORFOLOGIA</b>		
<b>7 NATURALITA' DELLA STRUTTURA MORFOLOGICA DELLA SEZIONE TRASVERSALE</b>		
sezione completamente naturale ad alta diversità morfologica con totale spazio di mobilità del corso d'acqua; totale connettività trasversale e verticale	16	
sezione con limitati elementi artificiali ormai inseriti nell'ambiente a buona diversità morfologica con discreto spazio di mobilità del corso d'acqua, interventi spondali stabilizzanti e consolidanti di ingegneria naturalistica, argini lontani dall'alveo; buona connettività trasversale e totale connettività verticale	8	
sezione a bassa diversità morfologica con limitato spazio di mobilità del corso d'acqua, con evidenti elementi artificiali, sponde in massi o gabbioni senza talee, argini prossimi all'alveo, tratti risagomati a sezione geometrica, canali di bonifica in terra; limitata connettività trasversale e totale connettività verticale	4	
sezione completamente artificiale sul fondo e sulle sponde, isolata dalla falda, senza spazio di mobilità; assenza di connettività trasversale e verticale	2	
Sezione tombata	1	
<b>8 DIVERSIFICAZIONE MORFOLOGICA DEL TRACCIATO LONGITUDINALE</b>		
Morfologia longitudinale completamente naturale	16	
Sinuosità o meandri ben distinti e ricorrenti senza discontinuità biologica (presenza di briglie superabili dall'ittiofauna)	8	
Sinuosità o meandri presenti, con discontinuità biologica (briglie non superabili dall'ittiofauna)	4	
corso d'acqua canalizzato	2	
corso d'acqua rettificato	1	
<b>FAUNA ITTICA</b>		
<b>9. HABITAT PER PESCI</b>		
Elevata presenza di aree di rifugio, di frega, e di ombreggiamento	16	
Buona presenza aree di rifugio, di frega, e di ombreggiamento	8	
Scarsa presenza aree di rifugio, di frega, e di ombreggiamento	4	
Assenza aree di rifugio, di frega e di ombreggiamento	2	
Assenza aree di rifugio, di frega e di ombreggiamento con presenza di sbarramenti che impediscono la migrazione (assenza di continuità longitudinale)	1	
<b>TOTALE QUALITA' AMBIENTALE</b>		
<b>LIVELLO DI FUNZIONALITA'</b>		
<b>10 VALUTAZIONE DELLA STABILITA' SPONDALE IN AREE A RISCHIO IDRAULICO</b>		
Sponde stabili con erosione assente	16	16
Sponde stabili con erosione superficiale sistemabili con tecniche antierosive di ingegneria naturalistica	8	8
Sponde con instabilità superficiale sistemabili con tecniche stabilizzanti di ingegneria naturalistica	4	4
Sponde instabili sistemabili con tecniche consolidanti di ingegneria naturalistica	2	2
Sponde instabili con erosione forte, sistemabili con interventi tradizionali	1	1
<b>TOTALE</b>		
<b>VALUTAZIONE</b>		

QUALITA' AMBIENTALE			
LIVELLO DI FUNZIONALITA'	VALORI	VALUTAZIONE DI FUNZIONALITA'	COLORE
V	9-29	PESSIMA	ROSSO
IV	30-58	MEDIOCRE	VIOLA
III	59-87	SUFFICIENTE	GIALLO
II	88-116	BUONA	VERDE
I	117-144	OTTIMA	BLU

VALUTAZIONE DELLO STATO DI OGNI SINGOLA COMPONENTE ECOSISTEMICA DELLA QUALITA' AMBIENTALE					
COMPONENTE	VALUTAZIONE DI FUNZIONALITA'				
	PESSIMA	MEDIOCRE	SUFFICIENTE	BUONA	OTTIMA
VEGETAZIONE	4-13	14-26	27-39	40-52	53-64
QUALITA' ACQUE	1	2	4	8	16
REGIME IDRICO	1		4	8	16
GEOMORFOLOGIA	2-6	7-12	13-18	19-25	26-32
FAUNA ITTICA	1	2	4	8	16

VALUTAZIONE DELLA STABILITA' SPONDALE NELLE AREE A RISCHIO IDRAULICO				
PESSIMA	MEDIOCRE	SUFFICIENTE	BUONA	OTTIMA
1	2	4	8	16

Nelle schede seguenti vengono presentati alcuni casi tipo

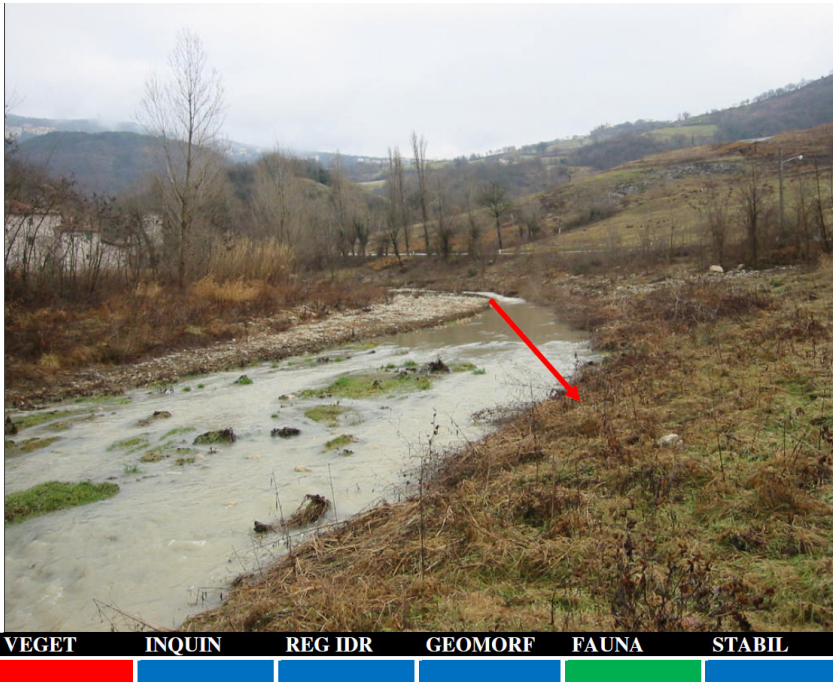
#### SCHEDA 1



Nell'esempio, le informazioni desunte dalla scheda di valutazione della riva a sinistra nella foto, evidenziano, ai fini di un intervento, l'assenza di problematiche erosive in aree a rischio (STABIL.), ma una pessima qualità vegetazionale e geomorfologica sulle quali è necessario intervenire. Tale

intervento migliorerà la qualità complessiva del corso d'acqua, incrementando l'ombreggiamento, l'ossigenazione delle acque, la capacità di autodepurazione e le zone rifugio per la fauna ittica.

## SCHEDA 2



L'esempio applicato alla riva destra nella foto evidenzia soltanto una pessima qualità vegetazionale sulla quale è necessario intervenire. Tale intervento migliorerà la qualità complessiva del corso d'acqua, incrementando l'ombreggiamento, l'ossigenazione delle acque, la capacità di autodepurazione, e le zone rifugio per la fauna ittica.

## SCHEDA 3



Le informazioni desunte dalla scheda di valutazione, ai fini di un ipotetico intervento, evidenziano solo una scarsa portata idrica che influenza la fauna ittica. Essendo, comunque, la portata idrica quella caratteristica di una fiumara mediterranea, varrà l'opzione zero del non intervento. In particolari casi, come nelle aree protette dove risulta necessario garantire la conservazione di specie



ittiche, per esempio d'interesse comunitario, è possibile prevedere la realizzazione di nuove pozze (pools) e/o di tane per pesci, al fine di garantire all'ittiofauna di superare la fase di massima criticità, cioè la magra estiva.

#### SCHEDA 4



VEGET	INQUIN	REG IDR	GEOMORF	FAUNA	STABIL

Le informazioni desunte dalla scheda di valutazione, ai fini di un intervento nella riva destra nella foto, mostrano una mediocre qualità della vegetazione ripariale e una pessima stabilità spondale presso il ponte, causate dalla forte erosione. Ne deriva la necessità di interventi consolidanti di ingegneria naturalistica, che andranno a favorire la ricostruzione della fascia ripariale.

#### SCHEDA 5



VEGET	INQUIN	REG IDR	GEOMORF	FAUNA	STABIL

Le informazioni, desunte dalla scheda di valutazione, mostrano nella riva sinistra nella foto solo un problema di erosione in una zona non a rischio. Non sono da prendere in considerazione eventuali interventi, vale quindi l'opzione zero.

### 3.4 Principali alterazioni della funzionalità dei corsi d'acqua

Dal momento che gli interventi sui corsi d'acqua determinano una serie di effetti sul regime idrico, sulla morfologia, sulla vegetazione e sulla fauna, si ritiene che essi debbano essere attentamente valutati in fase di progettazione.

Nel capitolo vengono esaminati le principali alterazioni di funzionalità di un corso d'acqua sia in relazione ai vari interventi antropici sia alla dinamica naturale in conflitto con le opere infrastrutturali.

L'alterazione di una o più funzioni (da inquinamento, alterazioni morfologiche di origine antropica, alterazione della componente vegetazionale, etc.) rischia di determinare una modifica sostanziale della funzionalità dell'intero ecosistema fluviale.

Risulta quindi fondamentale ripristinare, se alterata, la connettività nelle tre dimensioni (longitudinale, trasversale e verticale) del corso d'acqua, unitamente al recupero dei processi biologici.

#### 3.4.1 Vegetazione

L'alterazione delle formazioni ripariali comporta un'alterazione dell'intero ecosistema fluviale in quanto la vegetazione contribuisce in maniera fondamentale alla funzionalità dell'ecosistema fiume.

Le principali funzioni svolte dalla fascia riparia possono ricondursi a:

- habitat di alimentazione, rifugio e riproduzione per numerose specie di mammiferi, uccelli, rettili, anfibi e soprattutto pesci.
- elevata biodiversità dovuta all'effetto margine (ecotono).
- corridoio naturale (natural habitat corridors), dato dalla continuità della fascia riparia, che garantisce la connettività vegetazionale longitudinale.



Foto 1, Foto 2, Foto 3 L'assenza di una fascia ripariale, interrompendo la connettività vegetazionale longitudinale, priva il corso d'acqua di numerosi habitat e della funzione di corridoio ecologico. Foto Cornellini

- notevole fonte di materia organica disponibile per gli organismi sminuzzatori/tagliuzzatori che comporta l'equilibrio della comunità biologica
- fasce tampone che, per intercettazione e/o rimozione dei nutrienti (azoto e fosforo) riducono l'inquinamento delle acque da fonte diffusa (runoff agricolo e runoff stradale)





Foto 4 L'inquinamento floristico della vegetazione ripariale con specie esotiche e la dominanza di specie sinantropiche comporta un impoverimento della qualità ambientale del corso d'acqua. Foto Cornellini

- ombreggiamento con riduzione dell'irraggiamento solare; ciò comporta sia il mantenimento di acque fresche ed ossigenate, sia una riduzione della fotosintesi clorofilliana che, a sua volta, condiziona le reti alimentari fluviali e, nello specifico, le comunità dei macroinvertebrati bentonici.



Foto 5, Foto 6, Foto 7 Lo spessore ridotto e la discontinuità alterano le caratteristiche ecologiche e funzionali delle fasce vegetazionali e interrompono la connettività vegetazionale longitudinale. Foto Cornellini

- stabilizzazione del suolo grazie agli apparati radicali e alla dissipazione della energia idraulica ad opera delle parti vegetate, con la riduzione della velocità della corrente. Le formazioni arbustive ed arboree durante le piene favoriscono inoltre il deposito del sedimento e della materia organica.

Il mosaico degli habitat presenti nella pianura inondabile rappresenta un indicatore della connettività trasversale in quanto si sviluppa in funzione del regime delle portate (oscillazioni del livello di piena, della falda e delle esondazioni) non ostacolato da interruzioni.





Foto 8 Una fascia ripariale ad elevata naturalità. Foto Cornellini

### 3.4.2 Zoocenosi

Le alterazioni alla vegetazione, alla morfologia, alla qualità delle acque e alla portata idrica hanno conseguenze dirette sulla sopravvivenza delle specie faunistiche degli ambienti umidi e terrestri. La fauna che maggiormente caratterizza l'ambiente fluviale è certamente rappresentata dai pesci che occupano differenti nicchie lungo il corso d'acqua, secondo i fattori morfodinamici, le caratteristiche fisico chimiche e le comunità degli organismi macrobentonici.

Un fiume, in senso longitudinale, viene suddiviso dagli ittiologi in quattro zone (**zonazione ittica**), in base alla specie dominante:

- Zona della trota
- Zona dei ciprinidi a deposizione litofila (barbo, vairone )
- Zona dei ciprinidi a deposizione fitofila (tinca, carpa, cavedano)
- Zona delle acque salmastre (cheppia)

Conoscere la comunità ittica, nell'area di progettazione, è di particolare interesse, dal momento che le specie target, che caratterizzano i tratti fluviali, presentano peculiarità specifiche, come il periodo di riproduzione, le capacità natatorie e quindi la possibilità di superare o no ostacoli (briglie), l'habitat di riferimento.

Un altro aspetto di notevole interesse ai fini progettuali e relativo all'ittiofauna, può essere l'appartenenza di alcune specie all'allegato 2 della Direttiva 92/43/CEE, nota come Direttiva Habitat, per cui risultano **d'interesse comunitario** e, se presenti in un sito d'importanza comunitaria (SIC) o in una zona di protezione speciale (ZPS), la progettazione dovrà essere sottoposta a Valutazione d'Incidenza Ambientale (VIncA).

La Direttiva Quadro sulle acque, la 2000/60/CE, tra gli indicatori biologici, da utilizzare per la determinazione dello "stato ecologico" di un corso d'acqua, ha introdotto la fauna ittica.

Tra i diversi indici ittici elaborati, si è andato sempre più affermando l'ISECI (Indice di Stato Ecologico delle Comunità Ittiche), la valutazione del quale viene effettuata sulla base di 5 indicatori principali, tra i quali, hanno maggior peso:

- la naturalità della comunità, intesa come la ricchezza determinata dalla presenza di specie indigene attese in relazione al quadro zoogeografico ed ecologico;

- la condizione biologica delle popolazioni indigene, in termini di struttura di popolazione in classi di età e consistenza demografica.

Ne consegue, in termini generali, che, dal momento che la struttura di popolazione in classi di età e la consistenza demografica sono determinati dalle condizioni complessive dell'habitat fluviale (zone rifugio, ripari, continuità biologica, naturalità della sezione, ecc.) qualsiasi progettazione in ambito fluviale, deve necessariamente tenerne conto.

Piccoli mammiferi, rettili anfibi e uccelli occupano i numerosi habitat presenti sulle rive.



Foto 9, Foto 10 Le alterazioni alla morfologia della sezione e l'inquinamento idrico comportano una bassa qualità ambientale con effetti negativi sull'ittiofauna. Foto Cornellini

### 3.4.3 Regime idrico

*Il regime delle piene genera la forma e i processi fluviali, conferisce funzionalità alle dimensioni dell'alveo e delle rive e determina la struttura delle comunità biologiche* (Gonzales del Tanago, Garcia de Jalon, 2007). Le alterazioni al regime idrico per prelievi, sbarramenti con dighe, etc. possono portare a riduzioni delle portate fino ad avere alvei in secca per la maggior parte dell'anno con influenza sugli habitat acquatici. Risulta, quindi, fondamentale per la sopravvivenza delle comunità vegetali e animali garantire il deflusso minimo vitale (DMV).



Foto 11 Realizzazione di savanella di magra per garantire una portata minima nella stagione secca. Foto Cornellini

Il regime dei corsi d'acqua mediterranei si caratterizza, in genere, per un periodo più o meno lungo di magra estiva, con rischio di alvei in secca o con pozze residue; l'abbassamento della falda ha influenza sia sulla vegetazione favorendo le specie termo-xerofile che sulla fauna ittica determinando migrazioni e/o rifugio nelle pozze.

Le piene, che sviluppano intense forze erosive che incidono l'alveo e possono sradicare alberi, sono fondamentali per la riconnessione del corso d'acqua alla piana inondabile con la formazione di vari



habitat igrofili indispensabili alla vita acquatica. Le piene, anche artificiali (*hydropeaking*), hanno effetti sui pesci che, in assenza di zone di riparo rischiano la morte per l'eccessivo sforzo di contrapporsi alla corrente.



Foto 12 Fiume in secca estiva. F. Aterno (AQ) Foto Ruggieri



Foto 13 Rilascio acque da centrale idroelettrica (hydropeaking). Fiume Vomano (TE) Foto Ruggieri

### 3.4.4 Qualità delle acque

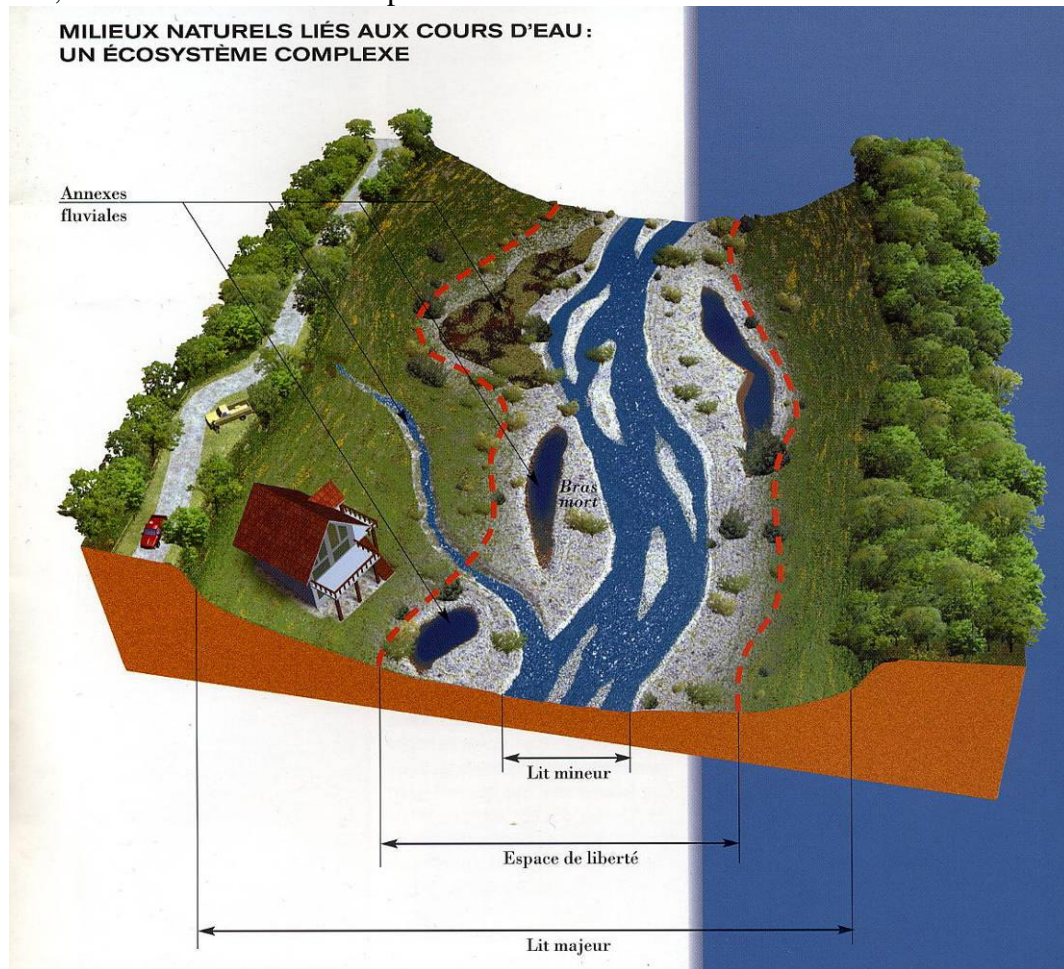
L'attività antropica, nelle sue molteplici manifestazioni, influisce direttamente sull'ambiente fluviale modificando la qualità delle acque e, di conseguenza, le fitocenosi e le zoocenosi.



Foto 14 Le acque inquinate possono alterare le condizioni di vita delle piante e degli animali acquatici.

### 3.4.5 Geomorfologia

Vengono esaminate le principali alterazioni funzionali, dovute ad interventi antropici, sia entro il letto minore, che nel letto di massima piena



Ex La renaturation 2003

#### Letto minore:

- Il **tombamento** distrugge le relazioni funzionali ecosistemiche del corso d'acqua



Foto 15 Tombamento dello sbocco a mare di un corso d'acqua. Foto Cornellini



- La **rettificazione** comporta una riduzione del percorso idraulico con un aumento della pendenza e quindi della velocità; ne conseguono un'erosione regressiva sia verticale che laterale nel tratto a monte ed una sedimentazione nel tratto a valle. Se il processo di erosione avanza nel tempo può instaurarsi un fenomeno di incisione con possibile scalzamento delle fondazioni delle infrastrutture unitamente alla alterazione degli habitat naturali. Inoltre l'approfondimento dell'alveo con l'abbassamento della falda altera le condizioni ecologiche della vegetazione ripariale rendendo possibile l'ingressione di vegetazione termofila



Foto 16, Foto 17 La rettificazione, spesso unita alle arginature e all'artificializzazione dell'alveo, comporta alterazioni al regime idrico e la distruzione di habitat. Foto Cornellini



Foto 18 Incisione: scalzamento delle fondazioni di infrastrutture. F. Vomano (TE) Foto Ruggieri



Foto 19 Incisione: abbassamento della falda ed assenza di fascia riparia. F. Vomano (TE) Foto Ruggieri

Le **opere trasversali** tipiche dei tratti montani (soglie, briglie), in pianura hanno funzione di impedire la erosione del fondo, di protezione delle infrastrutture e di derivazioni idriche, **ma possono alterare la connettività longitudinale**. L'accumulo di sedimenti nel tratto a monte banalizza il fondo e riduce la diversità ambientale mentre la riduzione del trasporto solido trasferisce a valle i fenomeni erosivi. Inoltre un salto elevato, indotto dall'opera trasversale, può costituire un ostacolo alla migrazione dei pesci verso le aree di frega.



Foto 20 Controbriglia a difesa di una infrastruttura. F. Vomano (TE) Foto Ruggieri

Le **difese spondali** sono opere longitudinali di protezione contro l'erosione che però comportano la distruzione della vegetazione riparia e di vari habitat.

L'erosione è, tuttavia, un fattore naturale fondamentale della dinamica evolutiva del corso d'acqua dal momento che concorre ad incrementare la **diversità morfologica** a cui si accompagna la **diversità biologica**.



Foto 21 e Foto 22 L'erosione è un elemento fondamentale della morfologia fluviale, da contrastare solo nelle aree a rischio. Foto Cornellini

**L'artificializzazione totale della sezione trasversale con opere di rivestimento impermeabili** distrugge completamente la vegetazione ripariale ed interrompe il rapporto con la falda, con l'**alterazione della connettività trasversale e verticale**. L'energia dell'acqua, inoltre, non potendo esercitare l'azione erosiva sulle sponde e sul fondo dell'alveo protetti, trasferisce le dinamiche erosive nei tratti più a valle.



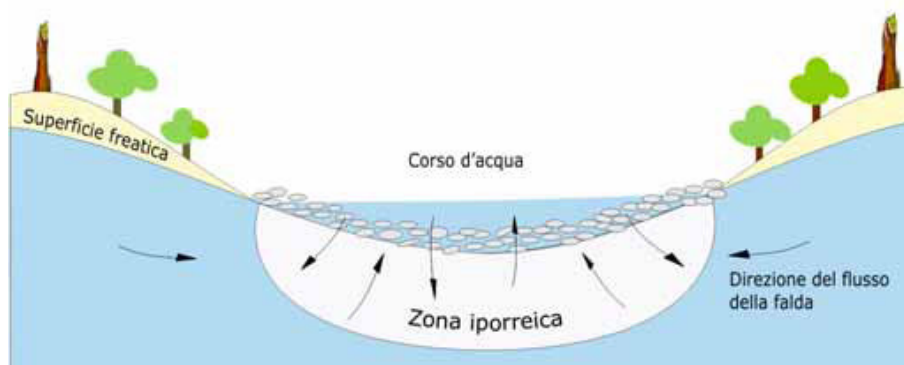


Foto 23 Alveo completamente artificiale con interruzione di ogni rapporto con la falda e l'ambiente circostante e, quindi della connettività trasversale e verticale. Foto Cornellini.



Foto 24 Il rivestimento spondale in massi costituisce una struttura permeabile, ma comporta l'eliminazione della vegetazione ripariale, che va ripristinata con l'inserimento di talee di specie igrofile. Foto Cornellini.

Mentre le strutture, come le scogliere o le gabbionate, mantengono la permeabilità delle sponde e, comunque, rendono possibile, in molti casi, almeno l'inserimento di talee di salice, i rivestimenti spondali impermeabili, oltre alla distruzione della vegetazione ripariale, impediscono ogni rapporto con la falda alterando la connettività trasversale.



Relazioni trasversali tra zona iporreica ed il corso d'acqua che possono esser interrotte dall'artificializzazione dell'alveo con la interruzione della connettività verticale dell'alveo. (IFF 2007)

Le difese spondali rinverdite (scogliere, gabbionate, palificate) sono, in molte situazioni, uno dei principali interventi di ingegneria naturalistica. Va, comunque, rimarcato che, in presenza di uno spazio disponibile di allargamento della sezione trasversale che porterebbe nel tempo alla ripresa della naturale attività idrodinamica del corso d'acqua con modifiche morfologiche positive rispetto alla sezione attuale, l'irrigidimento della sezione per un lungo tratto, anche con interventi d'ingegneria naturalistica, rappresenta un grave errore.



Foto 25, Foto 26, Foto 27 L'inserimento di talee nelle gabbionate è un elementare, ma indispensabile accorgimento per ricostituire la fascia ripariale dopo la distruzione. Foto Cornellini





Foto 28 e Foto 29 Due esempi da non seguire: a sinistra una difesa spondale priva di piante, con strutture simmetriche e stessa sezione tipo ripetuta per lunghi tratti che non tiene conto della variabilità morfologica (erosione in zona concava deposito in zona convessa) ed ecologica del corso d'acqua; a destra strutture prive di piante, spacciate per ingegneria naturalistica. Foto Cornellini

La **risagomatura** è un intervento di ampliamento della sezione trasversale, con operazioni di scavo, per aumentare la portata idraulica al fine del contenimento delle piene. La nuova sezione, in genere geometrica e con l'alveo spianato, banalizza la morfologia del corso d'acqua ed elimina gli habitat associati.



Foto 30 Intervento di risagomatura e devegetazione della fascia riparia. Foto Ruggieri

**Il dragaggio** dell'alveo, oltre alla distruzione degli habitat, elimina lo strato superficiale del letto che "corazza" il fondo, esponendolo ai fenomeni erosivi.

Foto 31 Lo scavo del fondo alveo comporta distruzione di habitat e ripresa dell'erosione. Foto Cornellini

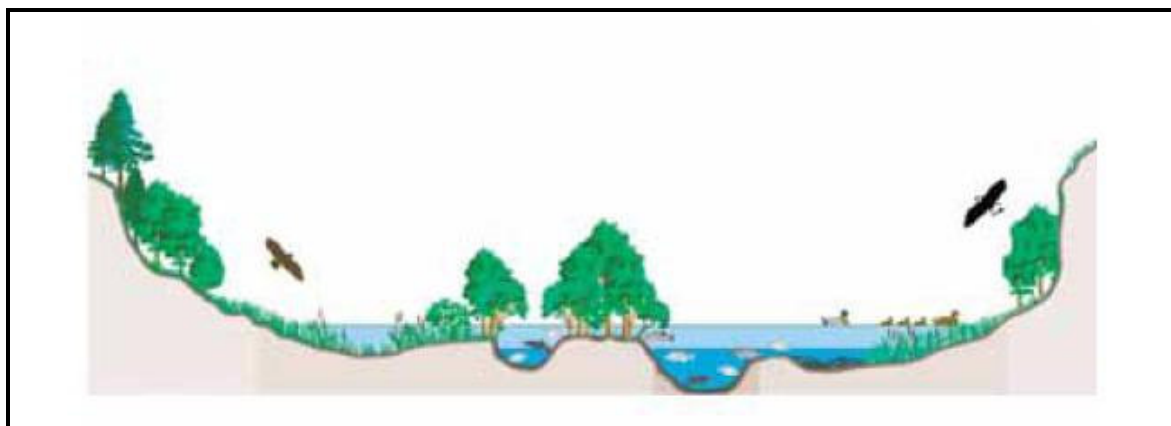
### **Letto di massima piena**

Le **arginature**, strutture longitudinali, costruite per impedire l'esondazione delle piene, **interrompono** ogni rapporto funzionale con la piana esondabile (**connettività trasversale dell'alveo**) con l'isolamento del corso principale dagli habitat igrofilo della piana alluvionale. Le arginature inoltre comportano maggiori tiranti idrici con aumento della velocità, erosione del fondo ed alterazioni del ciclo sedimentario (alvei pensili).

La dinamica naturale dei corsi d'acqua comporta, invece, l'esondazione dall'alveo di morbida con la creazione di un mosaico di habitat di grande valore naturalistico e con la ricarica delle falde ed il mantenimento della diversità dei morfotipi, degli habitat e della vegetazione igrofila.

In tal senso le zone esondabili fanno parte integrante dell'ecosistema fluviale e ripristinare l'andamento pulsante delle esondazioni è il primo passo per ripristinare gli ambienti umidi delle aree adiacenti gli alvei fluviali.

**La connettività idraulica trasversale tra l'alveo, le sponde e la zona laterale inondabile favorisce, durante le piene, lo scambio di acqua, di sedimenti ed organismi fondamentali per l'integrità dell'ecosistema fluviale.**

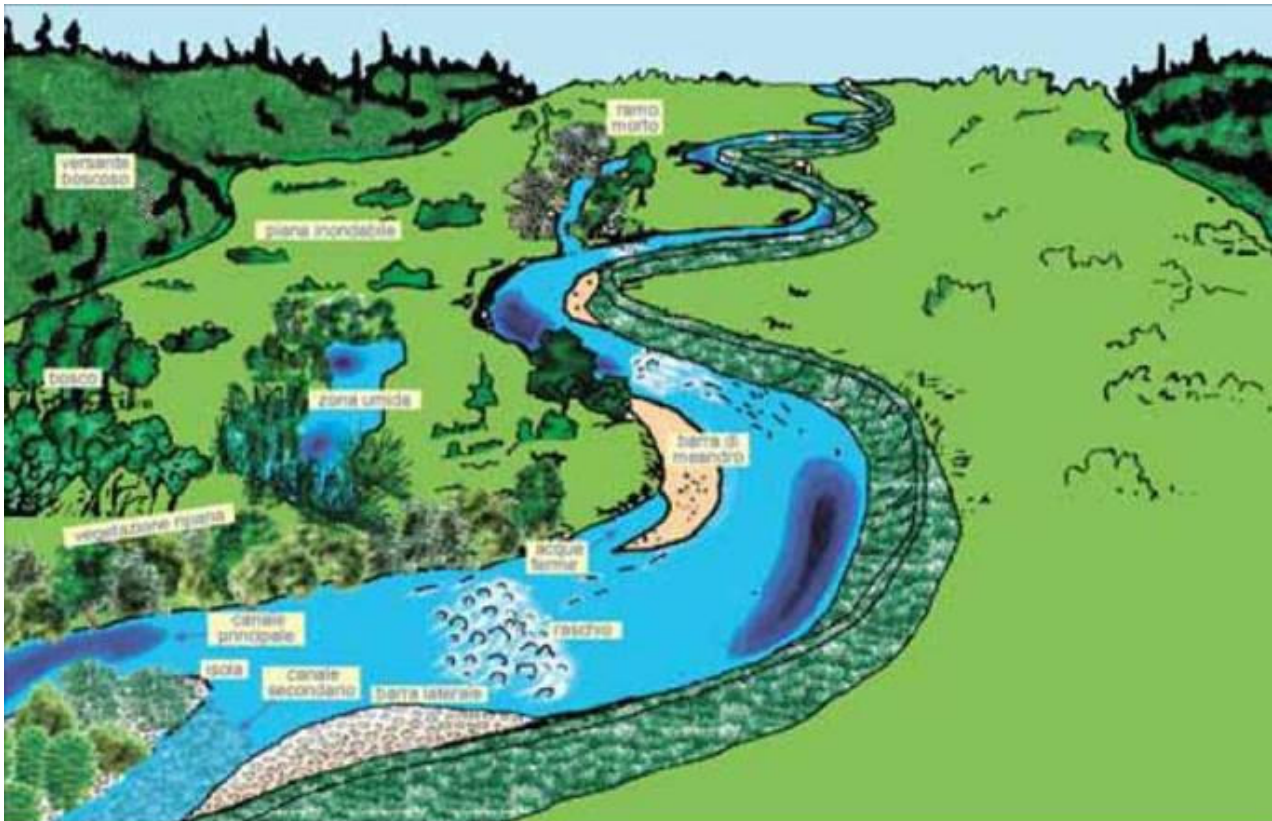


La connettività trasversale dell'alveo bagnato con il territorio comporta l'esistenza, in relazione alle esondazioni, di varie zone ecotonali di contatto tra la terra e l'acqua (da Bayley, 1995, modif.in Manuale IFF 2007)



Foto 32 Le esondazioni rappresentano una fase vitale del corso d'acqua per la creazione di un mosaico di habitat di grande valore naturalistico e la ricarica delle falde





Schema degli effetti ecologici delle arginature. A sinistra: l'assenza di argini consente il libero esplicarsi delle dinamiche fluviali che generano, rimaneggiano e mantengono il mosaico di habitat arricchendo diversità ambientale, diversità biologica, interazioni tra ambiente acquatico e terrestre, funzionalità complessiva. A destra: la realizzazione di un argine interrompe le dinamiche fluviali nella piana, conducendo ad una rilevante perdita di habitat (spondali e terrestri) e di funzionalità (G. Sansoni 2007).

### 3.5 Erosione spondale nei tratti a rischio idraulico

**L'erosione è un elemento naturale della dinamica fluviale** ed è quindi errato considerarla sempre un elemento negativo. L'erosione è un problema da contrastare **solo in presenza di rischio per le infrastrutture antropiche**, in quanto **ridurre l'erosione significa ridurre la diversità morfologica**. Le sponde in erosione vanno sistemate, ove necessario e possibile, con le tecniche dell'ingegneria naturalistica.



Foto 33 Nella palificata viva spondale dopo qualche anno le talee di salice potranno sostituire i tronchi in decomposizione. Foto Cornellini

### 3.6 Criteri di progettazione naturalistica

Gli interventi di I.N. in ambito fluviale vanno concepiti all'interno di una visione sistemica che comprende l'intero bacino idrografico. Tali interventi, finalizzati alla rinaturazione dei corsi d'acqua, devono prevedere, ove possibile, sia la riqualificazione idromorfologica (**ripristino della connettività longitudinale, trasversale e verticale**) che ecologica per l'incremento di biodiversità.

Gli interventi sull'asta fluviale vanno, quindi, 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.

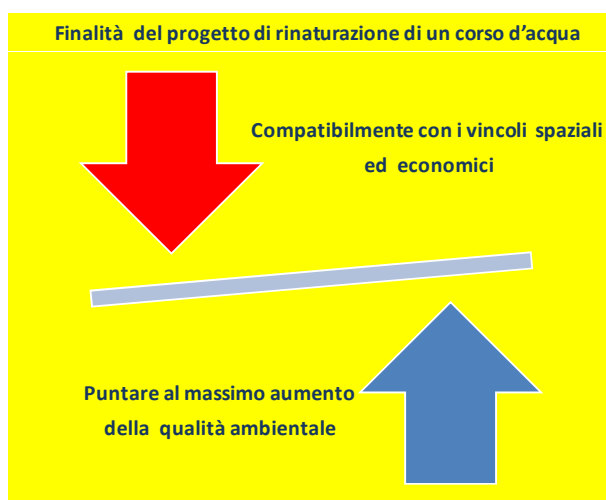
Il ripristino della continuità biologica longitudinale comporta la rimozione degli ostacoli alla migrazione dei pesci ed al trasporto dei sedimenti a valle.

Il ripristino della connettività trasversale tra l'alveo principale e la pianura inondabile comporta l'abbassamento o eliminazione degli argini e la rimozione della impermeabilizzazione delle sponde; in tal modo si ricreano le **condizioni necessarie allo sviluppo della vegetazione ripariale e dei vari habitat igrofili**.

Il ripristino della connettività verticale comporta l'eliminazione di ogni impermeabilizzazione del fondo per uno scambio completo con la falda.

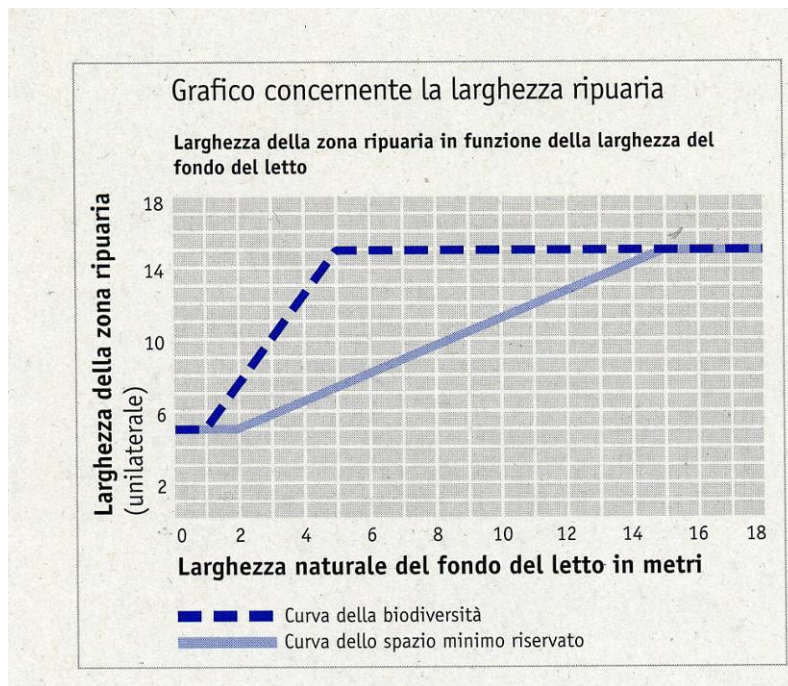
Il riferimento ideale dello stato da raggiungere è un corso d'acqua naturale senza pressioni antropiche, ma nella maggior parte dei casi si deve tenere conto dei vincoli spaziali, normativi, economici e sociali.

Di seguito sono riportate alcune indicazioni sulla necessità dello spazio necessario per il successo dell'intervento sia trasversale (spazio di libertà) che longitudinale (lunghezza minima).



#### 3.6.1 Spazio di libertà del corso d'acqua

È lo spazio necessario al corso d'acqua per svolgere la dinamica naturale e le sue funzioni. Secondo uno studio svizzero (Heeb, 1997), ad esempio, per un alveo di 5 m di larghezza dovrebbe essere previsto uno spazio di libertà di circa 30 m e per un alveo di 10 m uno spazio di almeno 50 m. Analogamente si riporta, a titolo di esempio, un grafico riguardante la larghezza di una fascia laterale, in funzione della larghezza del fondo del letto (*Linee guida per la gestione dei corsi d'acqua svizzeri* - 2003). Per la larghezza complessiva della fascia, il valore del grafico va moltiplicato per le due sponde e va giunta la larghezza dell'alveo stesso.



Ex Linee guida per la gestione dei corso d'acqua svizzeri 2003)

Secondo Adam, Debiais e Malavoi (*Manuel de restauration hydromorphologique des cours d'eau* - Agence de l'eau Seine-Normandie, 2007) per raggiungere un obiettivo di rinaturazione significativo serve uno spazio da circa 2 a 10 volte la larghezza dell'alveo di morbida attuale, mentre per il pieno successo servirebbe uno spazio maggiore di 10 volte.

### 3.6.2 Lunghezza minima dell'intervento

Per raggiungere gli obiettivi di rinaturazione, la lunghezza del tratto di intervento deve essere significativa. Nel *Manuel de restauration hydromorphologique* citato sono proposti i seguenti valori del rapporto tra la lunghezza del tratto di intervento e la larghezza del corso d'acqua:

- tratto di lunghezza inferiore a 20 volte la larghezza dell'alveo: effetto solo locale
- tratto di lunghezza tra 20 e 100 volte la larghezza dell'alveo: effetto di dimensioni che si avvicinano a quelle pertinenti alla scala del corso d'acqua
- tratto di lunghezza superiore a 100 volte la larghezza dell'alveo: effetto significativo rapportato alla scala del corso d'acqua

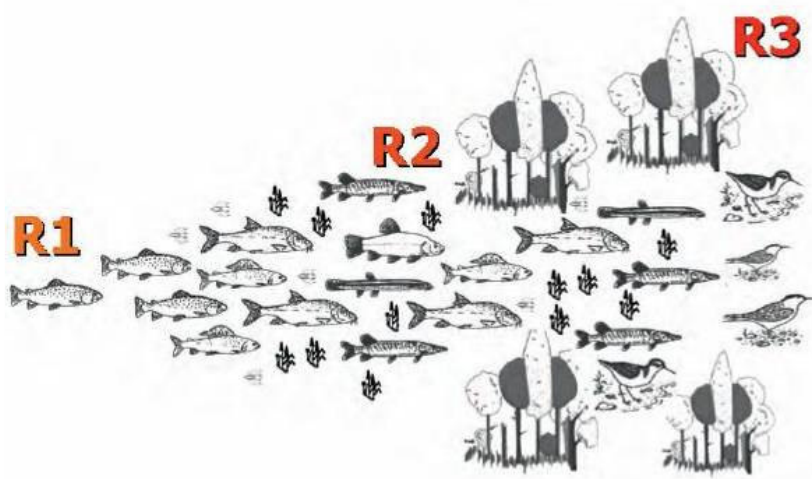
Vale sempre, comunque, la regola di valutare la necessità o meno dell'intervento in funzione del rischio e del valore dei beni da conservare. Poiché da tutte le considerazioni precedenti emerge la fondamentale importanza dello spazio, affinché il corso d'acqua espliciti al meglio le sue funzioni, va valutato se il garantire uno spazio di libertà al suo dinamismo, senza altri interventi, possa essere sufficiente al raggiungimento dell'obiettivo della rinaturazione, magari con lo spostamento di beni o infrastrutture a rischio (Adam P., Debiais n., Gerber F., Lachat B., 2008).

### 3.6.3 Livelli di ambizione degli interventi di rinaturazione

Per conservare o migliorare la qualità ecologica e morfologica di un corso d'acqua, partendo dai risultati della Scheda di Valutazione speditiva per gli interventi di I.N. in ambiente idraulico (Cornellini, Sauli, Ruggieri, 2011) si può seguire la seguente filosofia di intervento (Adam, Debiais Malavoi, op. cit.):



- Se la qualità è elevata vale l'**opzione zero** di non intervento; può essere sufficiente la **conservazione** con eventuale acquisto di terreni per la potenziale mobilità del corso d'acqua, il coinvolgimento degli agricoltori, etc.
- Se la qualità è buona (funzionamento morfo-ecologico buono con lievi elementi di degrado) sono sufficienti azioni di **protezione**, mirate ad arrestare le alterazioni funzionali in corso, ad esempio, sistemazione dei fenomeni erosivi incompatibili con il rischio idraulico, aumento dello spazio di mobilità del corso d'acqua, migliore gestione della qualità delle acque, etc.
- Se la qualità è degradata (da sufficiente a pessima) vanno previsti interventi relativi a **tre livelli di rinaturazione, corrispondenti a tre livelli di ambizione R1 R2 ed R3** (Adam, Debiais Malavoi, *op.cit*), nella coscienza che raramente è possibile riportare il corso d'acqua alla situazione preesistente al disturbo antropico, ma che è comunque sempre possibile intervenire almeno per il miglioramento di alcune funzioni. Naturalmente la divisione tra i tre livelli è fittizia in quanto si tratta di un gradiente continuo da un numero limitato di funzioni fino al massimo possibile:



**Fig. 5** Niveaux d'ambition pour la revitalisation d'un cours d'eau. La catégorisation des niveaux de restauration correspond à un gradient continu. Ce gradient va de la restauration d'un nombre limité de fonctionnalités (R1) à un nombre maximal de fonctionnalités (R3). La limite entre ces «classes» est fictive (3).

Da Adam, Debiais Malavoi, 2007

### **Livello R1**

In mancanza di spazio di allargamento della sezione, caso frequente in ambito urbano o periurbano, quindi operando nella sezione attuale o leggermente aumentata (fino a circa due volte la larghezza dell'alveo di morbida, bankfull) l'obiettivo della rinaturazione è fortemente limitato ad una parte dell'ecosistema, essenzialmente la fauna ittica. Si possono inserire nell'alveo attuale o leggermente ampliato solo strutture di diversificazione morfologica e degli habitat: piccoli pennelli, piccole soglie, blocchi di massi o strutture in legno per zone rifugio per i pesci, etc.

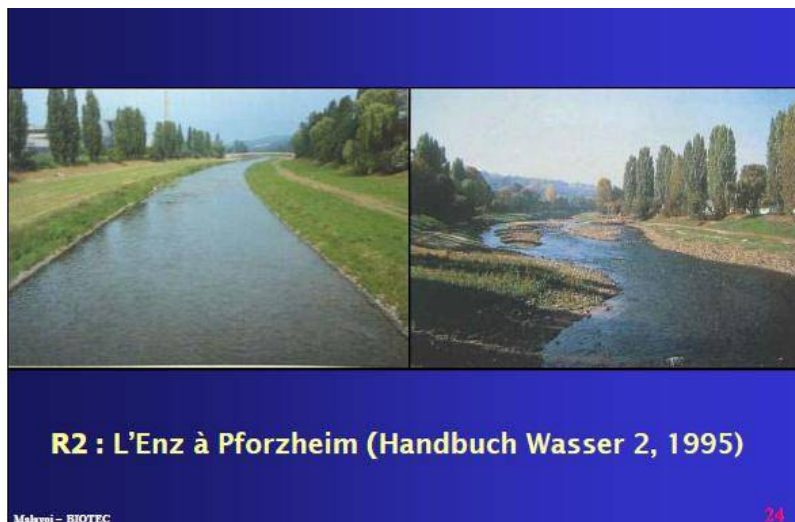
Va comunque previsto sulle sponde un miglioramento della vegetazione esistente con la piantagione di formazioni arboree e/o arbustive e/o di vegetazione acquatica.



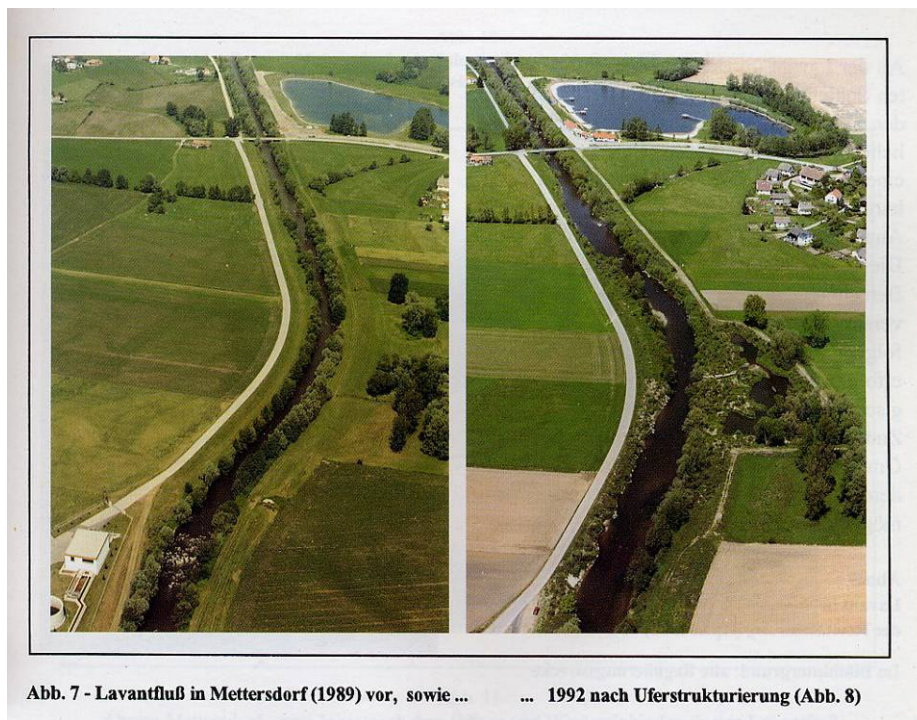
Esempi di interventi R1(Adam, Debais Malavoi 2007)

### ***Livello R2***

In presenza di uno spazio di intervento da circa 2 a 10 volte la larghezza dell'alveo di morbida attuale, l'obiettivo di rinaturazione è più completo e ambizioso e riguarda, oltre a quelle di R1, altre componenti dell'ecosistema, in particolare la morfologia: eliminazione di eventuali tratti tombati, realizzazione di un leggero andamento sinuoso per un corso d'acqua rettificato, riconnessione parziale del rapporto tra il corso d'acqua e le aree esondabili, piantagione di formazioni ripariali arboreo-arbustive di spessori superiori a quelli di R1, etc.



Esempi di interventi R2 (Adam, Debais Malavoi 2007)



La rinaturazione del F. Lavant (Austria)

### ***Livello R3***

In presenza di uno spazio di intervento superiore a 10 volte la larghezza dell'alveo di morbida attuale, l'obiettivo di rinaturazione ha il massimo di ambizione e riguarda, oltre agli interventi di R1e R2, la completa rinaturazione della morfologia fluviale e delle funzioni del corso d'acqua con uno spazio di mobilità completo: soppressione o l'allontanamento degli argini e riconnessione totale del rapporto tra il corso d'acqua e le aree esondabili, eliminazione delle difese spondali e dei tratti rettificati dei meandri, piantagione di formazioni arboreo-arbustive della serie terrestre in spazi esterni al corso d'acqua, etc.





**R3 : la Wandse  
(Glitz, 1983)**


Malavoi - BIOTEC



### 3.7 Interventi tipologici per il recupero ecomorfologico dei corsi d'acqua

Al fine di recuperare la connettività longitudinale, trasversale e verticale ed aumentare la biodiversità, l'analisi delle varie componenti ambientali e delle loro interazioni con le caratteristiche idrauliche dovrà valutare ove porre in atto i seguenti interventi tipologici.

**Tab. INTERVENTI TIPOLOGICI PER IL RECUPERO ECOMORFOLOGICO DEI CORSI D'ACQUA**

TIPOLOGIE	ESEMPI
INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE DELLA VEGETAZIONE AUTOCTONA	Livelli di ambizione R1, R2, R3
<p><i>a) In caso di presenza di vegetazione ripariale autoctona con elementi di degrado strutturale e/o presenza di specie legnose non autoctone:</i></p> <p>Interventi di riqualificazione della vegetazione ripariale esistente con controllo e/o eliminazione delle specie legnose non autoctone e/o con piantagione di specie autoctone arboree e arbustive</p>	 <p>Fascia ripariale F. Magra (SP) – Foto Cornelini</p>
<p><i>b) In caso di assenza vegetazione ripariale autoctona e/o presenza di specie non autoctone:</i></p> <p>Eliminazione delle specie legnose non autoctone e realizzazione di fasce di vegetazione ripariale arborea continue e di spessore almeno di 10m per corridoi ecologici e habitat faunistici</p> <p>Rimodellamento delle sponde in modo che siano raggiunte dalle piene ordinarie per favorire condizioni igrofile per la crescita spontanea della vegetazione ripariale</p>	 <p>Robinieto lungo le rive del F. Aterno (AQ) Foto Cornelini</p>



Interventi per la sistemazione dell'erosione spondale nelle zone a rischio con realizzazione di tipologie vegetazionali con tecniche stabilizzanti e/o consolidanti di ingegneria naturalistica



Sviluppo di vegetazione igrofila da palificate Vallo di Diano( SA) – Foto Cornellini

Conservazione, comunque di fasce della vegetazione presente



Fasce di salvaguardia della vegetazione erbacea lungo i piccoli corsi d'acqua svedesi – Foto Cornellini

Realizzazione di tipologie vegetazionali della serie terrestre in aree esterne alla fascia riparia igrofila



Realizzazione, fuori dell'alveo di piena, di boschetti e cespuglieti per una riqualificazione naturalistica e paesaggistica del corso d'acqua con ricostruzione di elementi della rete ecologica. Mergozzo (AL). Foto Lazzarotto

Pianificazione degli interventi di manutenzione idraulica non considerando, ove possibile, la vegetazione igrofila un ostacolo al rapido deflusso delle acque, bensì una risorsa non solo naturalistica, ma anche di interesse idraulico per la protezione flessibile dall'erosione (DPR 14 aprile 1993)





Manutenzione idraulica effettuata sul F.Foglia (PU) con i criteri del DPR 14 aprile 1993. Foto Cornellini

La manutenzione della vegetazione ripariale, intesa come taglio dei fusti oltre 4-5 cm di diametro è fondamentale per mantenerne l'elasticità. Diametri superiori sono rigidi, si spezzano con le sollecitazioni delle piene e si fermano al primo ponte, provocando esondazioni





Depositi legnosi sul F. Aniene dopo Subiaco (RM) Foto Cornellini



<b>INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE GEOMORFOLOGICA IN ALVEO</b>	
<p>Demolizione dei tratti tombati o cementificati per la rivitalizzazione dell'alveo al fine della ricostruzione dei corridoi ecologici e degli habitat acquatici e terrestri</p> <p>Livello di ambizione R2, R3</p>	 <p>Eliminazione dei tratti cementificati per spezzare l'isolamento tra l'acqua ed il substrato, ricostituendo il rapporto con la falda e rendendo possibile la rivitalizzazione del corso d'acqua. Tratto cementificato demolito del F. Tanagro, in fase di rinaturalizzazione spontanea. Foto Cornellini</p>
<p><i>In presenza di spazio da riconsegnare al corso d'acqua di larghezza inferiore a circa 2 volte la larghezza naturale del letto di morbida:</i></p> <p>Realizzazione di habitat per la fauna acquatica con massi, pennelli, etc.</p> <p>Ampliamento limitato della sezione all'interno alveo di morbida esistente con realizzazione di golene con tratti a minor battente idrico per popolamenti elofitici, e/o isole per habitat vegetazionali e faunistici</p> <p>Creazione tracciato sinuoso con sezioni asimmetriche e sponde a pendenza variabile per la massima diversificazione degli habitat</p> <p>Livello di ambizione R1, R2</p>	 <p>Lavori per l'aumento della biodiversità all'interno dell'alveo del Rio Fontanelle (FR) – Foto P. Cornellini</p>



<p><i>In presenza di spazio da riconsegnare al corso d'acqua di larghezza tra 2 e 10 volte la larghezza naturale del letto di morbida:</i></p> <p>Ricostituzione dell'andamento naturale sinuoso o meandriforme e dello spazio di mobilità del corso d'acqua con eliminazione dei tratti rettificati e/o canalizzati</p> <p>Livello di ambizione R2</p>	 <p>Interventi tesi ad eliminare i tratti rettificati dell'alveo che possono comportare un aumento dell'erosione a monte e del deposito a valle, con conseguente pericolo di esondazione, nonché la perdita di habitat e la riduzione della biodiversità; va favorita la meandricazione del corso d'acqua nei tratti compatibili, con conseguente asimmetria della sezione idraulica per riproporre la morfologia naturale e aumentare le capacità depurative del corso d'acqua. Demolizione tratti rettificati F. Emmen (Svizzera, foto sopra) per realizzare un alveo libero alla meandricazione con incremento degli habitat igrofilo (foto a destra). Foto Cornellini</p>
<p>Realizzazione di isole per habitat vegetazionali e faunistici: una diversificazione morfologica dell'ambiente fluviale, come la creazione di un'isola, ricca di vegetazione ripariale e palustre contribuisce notevolmente ad incrementare il livello di biodiversità locale, costituendo zone di rifugio e riproduzione di numerose specie.</p> <p>Livello di ambizione R2, R3</p>	 <p>Realizzazione di isole per habitat vegetazionali e faunistici. Foto Cornellini</p>
<p><i>In presenza di spazio da riconsegnare al corso d'acqua di larghezza superiore a 10 volte la larghezza naturale del letto di morbida:</i></p> <p>Eliminazioni degli ostacoli artificiali alla libera divagazione anche con la demolizione di argini prossimi al corso d'acqua e ricostituzione andamento naturale sinuoso o meandriforme e dello spazio di mobilità e di funzionalità del corso d'acqua</p> <p>Livello di ambizione R3</p>	 <p>Totale spazio di libertà del corso d'acqua . F. Ticino (MI). Foto Cornellini</p>






<p>Impiego di tecniche stabilizzanti e/o consolidanti di ingegneria naturalistica nei tratti erosi esistenti costituenti situazioni di rischio per le infrastrutture con la realizzazione di habitat vegetazionali e faunistici</p> <p>Livello di ambizione R1, R2</p>	 <p>Interventi antierosivi e di consolidamento sull'asta fluviale concepiti anche invertendo la tendenza alla riduzione delle aree di pertinenza del corso d'acqua. Sistemazione con tecniche IN a distanza di due anni. Cellere (VT). Foto Cornellini</p>
<p><b>FUORI ALVEO</b></p> <p>Realizzazione di casse di espansione e, nello stesso tempo, di aree naturali ricche di habitat vegetazionali e faunistici, con elevato incremento di biodiversità.</p> <p>Livello di ambizione R2, R3</p>	 <p>Realizzazione di casse d'espansione, per laminare i volumi di piena riducendone i picchi, ottenendo aree a vocazione naturalistica per l'aumento della biodiversità.</p> <p>Cassa di espansione Dese Sile (VE). Foto Cornellini</p>

<b>INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE FAUNISTICA</b>	
<p>Incremento zone di rifugio e di riparo per l'ittiofauna con il mantenimento e/o introduzione di grossi detriti legnosi (Large Woody Debris), ancorati con funi d'acciaio.</p> <p>Livello di ambizione R1, R2, R3</p>	<div data-bbox="534 331 1412 629" data-label="Image"> </div> <p>Introduzione in alveo di grossi detriti legnosi, necessari per incrementare la diversità morfologica e garantire alla fauna ittica zone di rifugio dai predatori e zone di riparo dalle piene. Foto Ruggieri</p>
<p>Realizzazione di tane per pesci: in alcuni casi può rendersi necessario incrementare le zone di rifugio della fauna ittica con la realizzazione di tane per pesci, costruite con tronchi e/o grossi massi.</p> <p>Livello di ambizione R1, R2</p>	<div data-bbox="518 734 1423 1077" data-label="Image"> </div> <p>Realizzazione tane per pesci laghetto in Pettorano sul Gizio (AQ) (in fase di esecuzione e dopo due mesi) Foto Ruggieri</p>
<p>Realizzazione di passaggi per pesci: rampe in pietrame o soglie basse in legname e pietrame o altre strutture di continuità biologica per la ittiofauna</p> <p>Livello di ambizione R1, R2, R3</p>	<div data-bbox="518 1137 1353 1760" data-label="Image"> </div> <p>Al posto delle briglie in cemento, in molti casi si possono impiegare le briglie in legno e pietrame combinate nelle parti non esposte al flusso idrico con elementi vivi quali le talee di salice; per garantire poi la continuità biologica ai pesci, ove le caratteristiche morfologiche dell'alveo lo consentano, è possibile realizzare, al posto delle briglie, le rampe in pietrame per la risalita dei pesci. Rampe in pietrame sul F.Tanagro (SA) Foto Cornellini</p>



<p>Conservazione dei tratti erosi esistenti per habitat faunistici ad eccezione delle situazioni di rischio per le attività antropiche.</p> <p>Realizzazione di siti idonei alla riproduzione dell'avifauna. Per alcune specie ornitiche tipiche dell'ambiente fluviale, quali il topino ed il martin pescatore, sono necessarie pareti verticali stabili. Può rendersi necessaria la creazione di scarpate idonee, utilizzando zone preesistenti, rinforzando il piede della scarpata e facendo in modo che la parete resti nuda, non ricoperta cioè da arbusti.</p> <p>Livello di R1, R2, R3</p>	 <p>Realizzazione di siti idonei per habitat faunistici - Foto Cornelini</p>
<p><b>INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO DELLA QUALITA' DELLE ACQUE</b></p>	
<p>Trattamento dell'inquinamento puntiforme con impianti di fitodepurazione: sono da preferire impianti multistadio a flusso sub superficiale.</p> <p>Livello di ambizione R2, R3</p>	 <p>Impianto di fitodepurazione multistadio - Pettorano sul Gizio (AQ) Foto Ruggieri</p>

<p>Realizzazione di fasce tampone per la rimozione dell' inquinamento diffuso; sono da preferire quelle costituite da fascia erbacea arbustiva di spessore superiore ai 5 m</p> <p>Livello di ambizione R2, R3</p>	 <p>Realizzazione, soprattutto nelle aree di pianura ad agricoltura intensiva, di fasce tampone di almeno 5 m a lato delle rive per intercettare i nutrienti percolati dalle aree agricole. F.Reno (BO). Foto Cornellini</p>
<p>Realizzazione di ecosistemi filtro per la depurazione degli inquinanti provenienti da runoff stradale</p> <p>Livello di ambizione R2, R3</p>	 <p>Ecosistemi filtro sulle autostrade francesi .Foto Cornellini</p>
<p><b>REGIME IDRICO</b></p> <p>Realizzazione di savanella di magra nel caso di portata scarsa e intermittente per concentrare le acque per il mantenimento degli habitat igrofil</p> <p>Livello di ambizione R1</p> <p>Se esiste pericolo di esondazione realizzazione aree di espansione o laminazione come aree umide per habitat vegetazionali e faunistici</p> <p>Livello di ambizione R2 R3</p>	 <p>Acque concentrate in un alveo di magra</p>

### 3.8 Regole per buone pratiche per gli interventi sui corsi d'acqua

- Gli interventi di ingegneria naturalistica sui corsi d'acqua risultano oggettivamente più difficili di quelli sui versanti terrestri, a causa delle indeterminazioni probabilistiche sul regime idrico e sul trasporto solido, cause fondamentali del dinamismo idraulico.
- Il corso d'acqua è un ecosistema e le analisi da estendere al bacino idrografico devono considerare tutte le varie componenti, nella coscienza che gli interventi su un tratto possono determinare effetti sulle componenti ecosistemiche a monte e a valle che il progettista deve valutare.
- **La progettazione della rinaturazione dei corsi d'acqua va affrontata da un gruppo di esperti delle varie discipline afferenti.**
- Per una analisi speditiva può essere utile la Scheda di Valutazione speditiva per gli interventi di I.N. in ambiente idraulico che valuta separatamente la qualità ambientale del corso d'acqua tramite le componenti ecosistemiche (Vegetazione, Zoocenosi acquatiche, Qualità delle acque, Regime idraulico, Geomorfologia) e la stabilità delle sponde nelle zone a rischio idraulico, in vista di un eventuale intervento di ingegneria naturalistica.
- La erosione è un fondamentale elemento del dinamismo fluviale e della biodiversità, quindi la erosione che induce la instabilità spondale va considerata un elemento di degrado sul quale intervenire, **solo nelle zone a rischio idraulico.**
- **Intervenire in un corso d'acqua, anche con tecniche di ingegneria naturalistica, deve essere l'eccezione e non la norma, da attuarsi solo nelle aree a rischio idraulico, in quanto qualunque intervento di irrigidimento delle sponde tende ad opporsi al naturale dinamismo idraulico e limita lo spazio funzionale di mobilità del corso d'acqua.**
- Gli interventi finalizzati alla rinaturazione dei corsi d'acqua, cioè del recupero delle funzionalità, devono prevedere sia la riqualificazione idromorfologica (**ripristino della connettività longitudinale, trasversale e verticale**) che ecologica per l'incremento della biodiversità.
- Gli interventi sull'asta fluviale vanno, quindi, progettati secondo il principio che la diversità morfologica si traduce in biodiversità, incrementando, *in primis*, lo spazio di mobilità e le aree di pertinenza del corso d'acqua.
- Il riferimento ideale dello stato da raggiungere è un corso d'acqua naturale senza pressioni antropiche, ma nella maggior parte dei casi si deve tenere conto dei vincoli spaziali, normativi, economici e sociali.
- Per conservare o migliorare la qualità ecologica e morfologica di un corso d'acqua, si può seguire la filosofia di intervento di Adam, Debais e Malavoi, 2007:
- Se la qualità è elevata vale l'**opzione zero** di non intervento;
- Se la qualità è buona (funzionamento morfo-ecologico buono con lievi elementi di degrado) sono sufficienti azioni di **protezione**, mirate ad arrestare le alterazioni funzionali in corso,
- Se la qualità è degradata (da sufficiente a pessima) vanno previsti interventi relativi a **tre livelli di rinaturazione, corrispondenti a tre livelli di ambizione R1 R2 ed R3**, in funzione dei vincoli di spazio e di risorse economiche, nella coscienza che raramente è possibile riportare il corso d'acqua alla situazione preesistente al disturbo antropico, ma che è comunque sempre possibile intervenire almeno per il miglioramento di alcune funzioni.

## **Bibliografia**

- Adam P., Debiais n., Gerber F., Lachat B., 2008 - Le genie vegetal – Ministere de l'Ecologie, de l'Energie, du Developpement durable et de l'Amenagement du territoire Paris
- Adam, Debiais e Malavoi , 2007 - Manuel de restauration hydromorphologique des cours d'eau - Agence de l'Eau Seine-Normandie,
- Gonzales del Tanago, Garcia de Jalon, 2007 - Restauracion de rios. Ministerio de Medio Ambiente Madrid
- Heeb J. Schonborn A. 1997- Etude ResEAU suisse ProNatura Basilea
- Indice di Funzionalità Fluviale Manuale APAT 2007
- Lachat B., 1991- Le cours d'eau: consevation, entretien , aménagement. Conseil d'Europe – Strasbourg
- La renaturation 2003 CIPEL
- Linee guida per la gestione dei corso d'acqua svizzeri 2003- UFAFP/UFEAG, Berna
- Renaturierung der Lavant 1991 WAM Wien
- Sansoni G. 2007 -Tutela dell'ambiente fluviale per l'ittiofauna. Biologia ambientale, 21
- Sauli G., Cornellini P. e Preti F. 2002 - Manuale di Ingegneria Naturalistica applicabile al settore idraulico - Regione Lazio.



## 4 LE TECNICHE DI INGEGNERIA NATURALISTICA NELLE SISTEMAZIONI IDRAULICO FORESTALI (Salvatore Puglisi)

### 4.1 Cenni storici. Definizioni. Regole

Le sistemazioni idraulico-forestali consistono in opere idrauliche e lavori forestali combinati in modo da eliminare le cause o contrastare gli effetti dei fenomeni alluvionali, dei processi erosivi e franosi, delle colate detritiche e fangose, della caduta di massi e del distacco di valanghe, che avvengono nei bacini torrentizi (Puglisi, 2003a).

Questi contenuti son venuti man mano sommandosi per effetto delle leggi che ne attribuivano le competenze all'amministrazione dello Stato (principalmente il Corpo Forestale dello Stato), e si sono via via perfezionati grazie al progresso scientifico e all'evoluzione tecnica.

La locuzione *sistemazioni idraulico-forestali*, oltre a essere la denominazione della categoria di interventi prima detti, è anche il titolo di una materia d'insegnamento nelle università dove contribuisce, in generale, alla preparazione degli studenti in Scienze forestali ed ambientali e, in particolare, alla formazione iniziale dei 'sistematori', cioè di specialisti in sistemazioni idraulico-forestali. Le Sistemazioni idraulico-forestali, come dottrina, costituiscono un insieme organicamente strutturato di basi scientifiche - quelle proprie della disciplina e quelle desunte da altre scienze (idraulica, idrologia, geomorfologia, geotecnica, scienza delle costruzioni) - e di procedimenti atti sia a diagnosticare le cause delle varie categorie di dissesto idrogeologico - allo scopo di poter agire con precisione sui processi d'innescio dei fenomeni - sia a progettare le opere indispensabili alla messa in sicurezza del territorio: dalle tipologie funzionali e costruttive occorrenti al dimensionamento statico e idraulico dei manufatti, alla loro disposizione negli alvei e nei versanti dei bacini torrentizi. L'insegnamento fa parte del raggruppamento scientifico-disciplinare AGR08 e comprende anche l'Ingegneria naturalistica.

I risultati documentati di applicazioni in campo, che hanno più di un secolo di vita, e che sono riuscite a disinnescare per sempre pericolosi focolai di pericolo (Puglisi, 2010), testimoniano e confermano che si tratta della tecnica più appropriata di messa in sicurezza del territorio.

Il fondatore delle sistemazioni idraulico-forestali modernamente intese fu Vincenzo Viviani (1622 – 1703), allievo di Galilei, le cui ossa in Santa Croce, a Firenze, riposano con quelle del Maestro nello stesso sarcofago. Questo scienziato fu incaricato dal Granduca di Toscana Cosimo III di trovare il modo di attenuare le piene dell'Arno. Egli, in una dotta e circostanziata relazione che al valore scientifico accomuna spiccate doti stilistiche, tanto che viene annoverata tra i testi classici nella collana de "La letteratura italiana. Storia e testi", vol. 34 tomo II: "Scienziati del Seicento", spiegò che dopo il «riempimento d'Arno» dovuto al «gran diboscamento che in universale, contro gli antichi provvedimenti, è stato fatto delle alpi e de' monti [...] poiché le piogge cadenti sopra que' monti spogliati di legname, coltivati e smossi, non trovando più il ritegno della macchia e del bosco vi scorrono precipitose e s'accompagnano con la materia di terra, di sasso e ghiaia» che recapitano a valle, avviene che il loro apporto faccia ingrossare rapidamente la corrente fluviale e nello stesso tempo la rallenti. Viviani aveva capito il fenomeno del rallentamento della corrente per il peso delle materie che deve trasportare. In base all'equazione di continuità del Castelli, formulata nel 1660:  $Q=A \cdot V$ , l'accresciuta portata  $Q$  ( $m^3/sec$ ), diminuendo la velocità  $V$  ( $m/sec$ ) della corrente, non è più contenibile nella sezione di area  $A$  ( $m^2$ ), per cui il suo livello s'innalza, il fiume esce dal suo letto e esonda. Per tali motivi, non bastando gli argini, si rendevano necessari rimedi per frenare la discesa delle acque superficiali e per trattenere le congerie in situ, prima che si mettessero in movimento, in modo da non farle giungere all'Arno. A tale scopo prescrisse di imbrigliarne gli affluenti con serre (briglie) murarie sopraelevabili e rimboschendo le fasce laterali dei rii (Viviani, 1688).

Degli interventi di sistemazione di torrenti risalenti a tempi più remoti tratta un lavoro di Benini (1968). Questo A. riferisce che sotto Nerone nel 64 d.C. fu costruito un "muro grosso" sul torrente

Chiana in Toscana. Di poco posteriore allo scritto del Viviani fu il famoso trattato di Domenico Guglielmini, “Della natura dei fiumi” (1697), dove vengono descritte delle opere trasversali, «fabbriche, per lo più, di legname e di sassi, le quali con la loro altezza sostentano il fondo de’ torrenti alla necessaria altezza» per rallentare, con la diminuita pendenza, la velocità della corrente e l’escavazione del fondo dell’alveo che mina la stabilità delle pendici.

Nel loro divenire, le Sistemazioni hanno assunto varie denominazioni. Nel 1892 la Commissione Provinciale per il Regolamento della acque in Tirolo pubblicò a Innsbruck il “Memoriale dei lavori tecnico-edili eseguiti a motivo della inondazione dell’anno 1882” che descrive i criteri seguiti per mettere in sicurezza quel territorio - le attuali province di Bolzano e di Trento, allora sotto la dominazione austriaca - e riproduce in 25 tavole i disegni delle opere eseguite a tale scopo. Se ne riporta la tav.5 che mostra come coesistessero già da allora, per ragioni funzionali, manufatti in muratura e opere a basso impatto ambientale in legno e pietrame (fig.1).

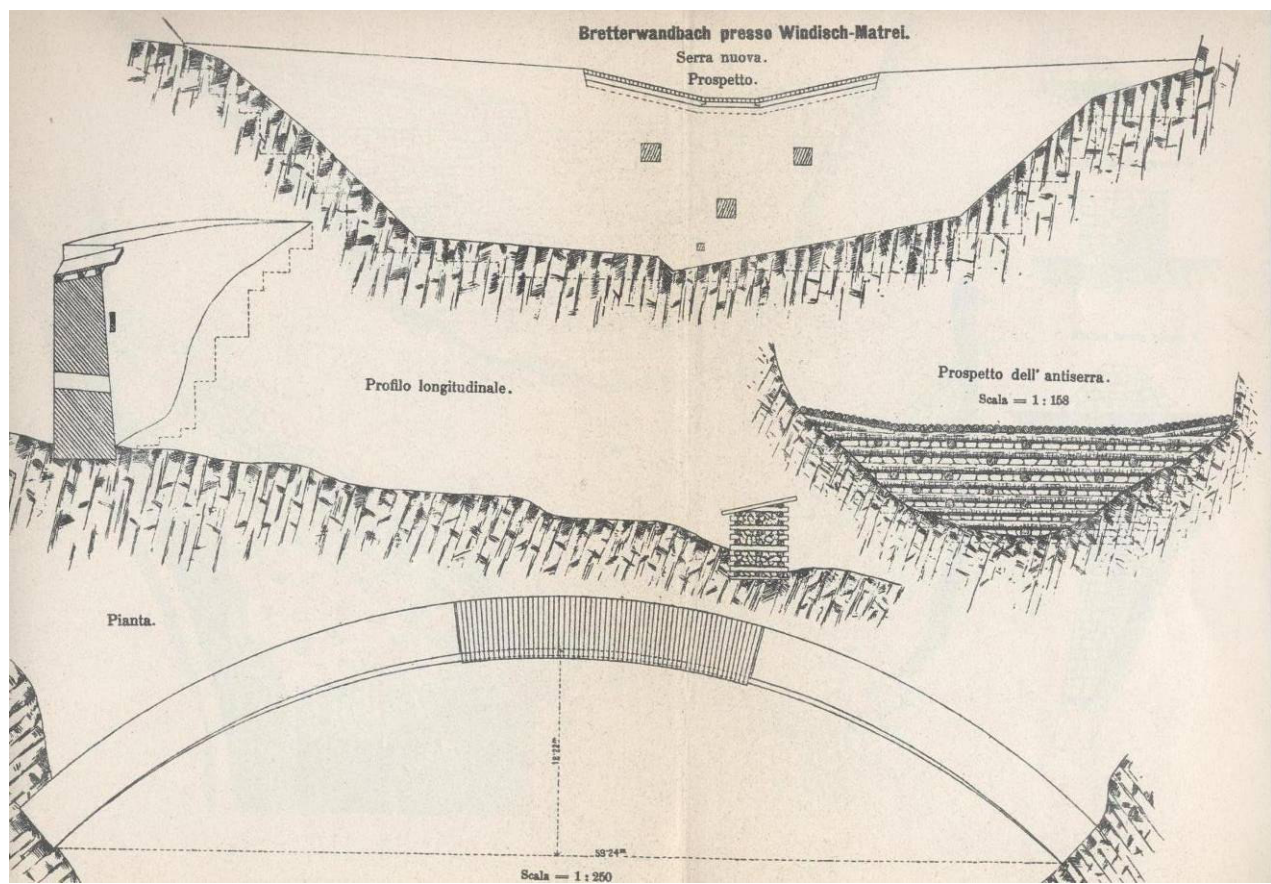


Fig. 1 Disegno di briglia ad arco in muratura con controbriglia (antiserra) in legno e pietrame realizzate in Alto Adige dall’Amministrazione austriaca dopo l’alluvione del 1882. Tipologie, dimensioni e materiali impiegati dipendono dalla funzione assegnata ai manufatti. (da Comm.ne Prov.le regolamento acque in Tirolo, 1892)

Nel 1893, il Valentini, Autore vent’anni dopo di un volume dei Manuali Hoepli, di 300 pagine, sulla “Sistemazione dei torrenti e dei bacini montani”, esordì sul Giornale del Genio Civile con una memoria “Sulla sistemazione dei torrenti” che nel 2009 è stata ripubblicata dall’AIDI (Associazione Italiana di Idronomia) in ristampa anastatica nella Biblioteca di Idronomia.

Nel 1895 vide la luce, sempre sul Giornale del Genio Civile, l’importantissimo lavoro “Sulla correzione dei torrenti nella Svizzera, nella Francia e nella Carinzia” di Tornani, Sanjust di Teulada, Pasini e D’Urso, anche questo ripubblicato, sempre in ristampa anastatica, nella Biblioteca di Idronomia, da cui si desumono esempi significativi (fig.2).



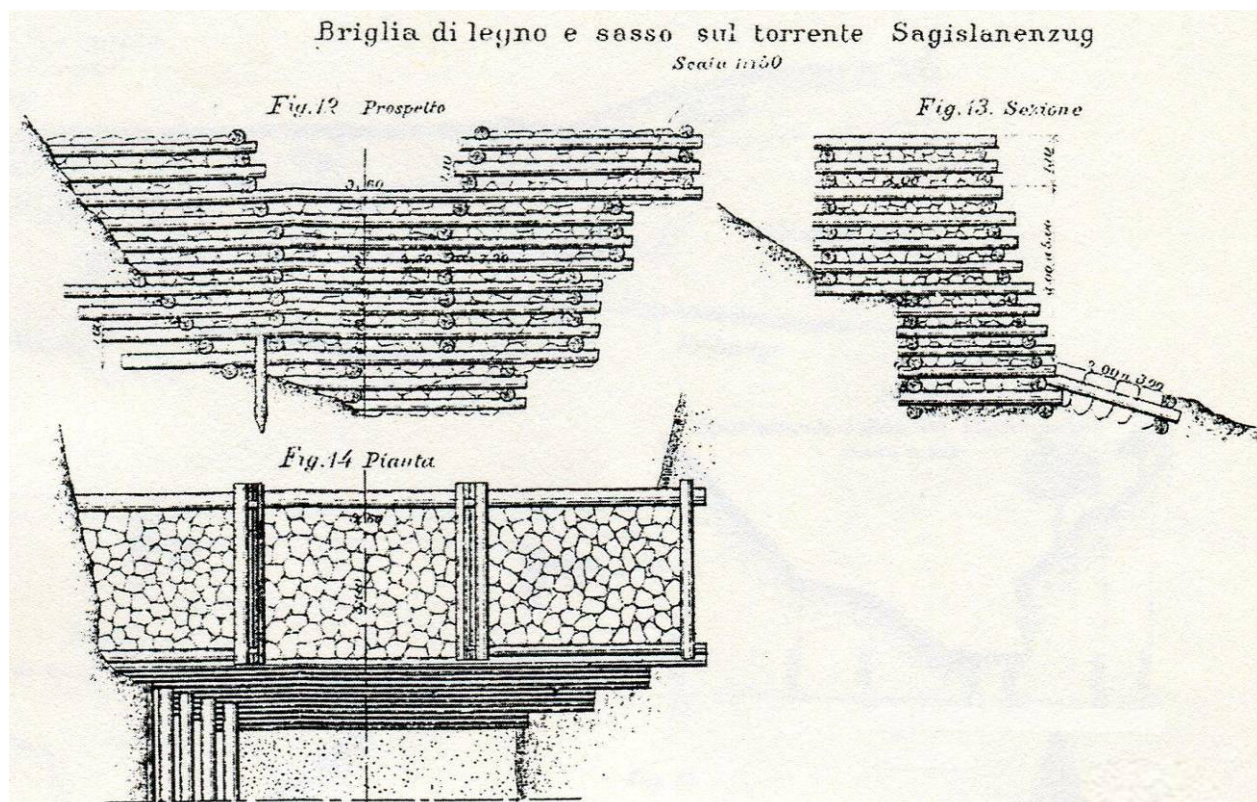


Fig. 2 Disegno di briglia a gravità in legname e pietrame visitata in Svizzera dagli ingegneri del Genio Civile Sanjoust di Teulada e D'Urso (da Tornani et al., 1895)

Nel 1900, il Giornale del Genio Civile pubblicò un articolo di G. B. Rizzani dal titolo “Opere economiche per la correzione dei torrenti”, illustrato da disegni riguardanti la sistemazione di un torrente con repellenti ai quali sono associati dispositivi messi trasversalmente per rallentare la corrente, costituiti da pali infissi in alveo che reggono reti metalliche invece delle fascinate basculanti del metodo Wolff (fig.3).

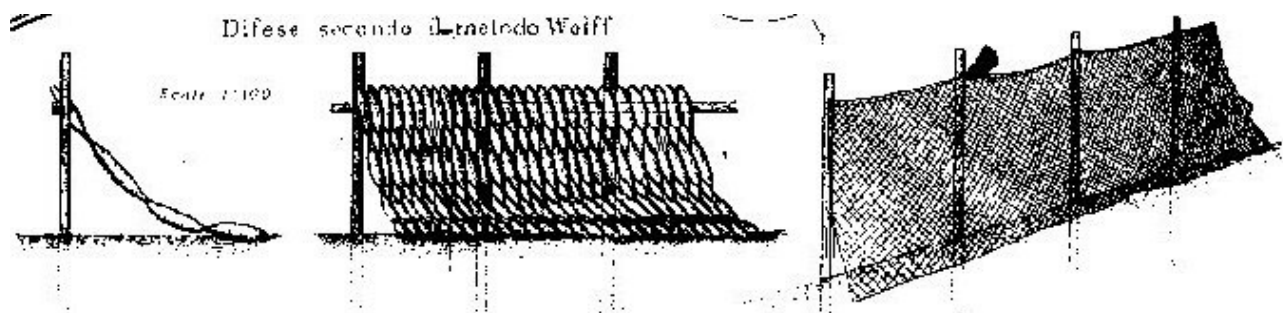


Fig. 3 Disegno di un manufatto per difesa spondale disposto come un pennello e costituito da pali infissi in alveo presso la riva, uniti da un tirante in sommità al quale invece di collegare con filo di ferro fascine vegetali basculanti, come nel metodo Wolff originale (prima due figure a sinistra), sono state applicate delle reti metalliche (ultima figura a destra) per rallentare la corrente. ( da Rizzani, 1900 )

Come si vede dalle ultime citazioni, nella denominazione di questa categoria di opere si usava, alla fine del XIX secolo e agli inizi del XX, dagli studiosi che ne scrivevano, tanto ‘sistemazione’ quanto ‘correzione dei torrenti’. Agli inizi del secolo XX però compare, in un testo legislativo, quella che diventerà la locuzione definitiva. Nell’articolo 19 del “Regolamento per l’esecuzione della legge 31 marzo 1904, n. 140, portante provvedimenti speciali a favore della provincia di Basilicata” (R.D. 26 marzo 1905, n.173) si stabilisce che nel piano regolatore di massima dei lavori da eseguire, annesso alla legge, «per la parte attinente alla s i s t e m a z i o n e i d r a u l i c o - f o r

e s t a l e» avrebbe provveduto l'Ispezione forestale. Oltre a costituire atto di nascita della nuova denominazione, quel testo è importante anche perché ne stabilisce la regola fondamentale:

Art.27  
(omissis)

*“I lavori sono eseguiti per ciascun bacino tributario gradualmente, senza interruzione, fino al loro completamento”.*

A monte di questa norma vi sono le premesse teoriche alle quali si è fatto cenno. Una in particolare ne va richiamata dal testo di Tornani et al. prima indicato:

*“Si sono tentati sin da tempo antichissimo i più svariati lavori di protezione contro i torrenti, ma tutti questi [...] combattevano il male opponendosi solo ad uno dei suoi tanti perniciosi effetti in un punto qualunque, generalmente limitato, del suo percorso: ma non si studiavano di prenderlo alla radice ed andarlo a combattere proprio laddove aveva origine. Ora ogni sistema di difesa, che non impedirà anzitutto l'erosione della montagna, sarà sempre incompleta, per la semplice ragione che le materie, una volta messe in movimento, debbono necessariamente depositarsi in qualche luogo”.*

Il Memoriale dei lavori eseguiti in Tirolo e il libro di Tornani et al. indicano altresì a quali scuole si ispirò quella italiana degli inizi. L'ingegnere Francesco Piccioli, direttore dell'Istituto forestale di Vallombrosa<sup>2</sup>, si recò in Francia a studiarvi le sistemazioni che vi si eseguivano sotto il nome di R.T.M. (Restauration Terrains Montagne) e ne scrisse nel 1887 e successivamente in un trattato dal titolo “Boschi e torrenti” (Piccioli, 1905). Questi concetti da noi si affermarono lentamente. Si pensi che il 23 febbraio 1905 una grave alluvione colpì la città di Bari a causa delle piogge intense e di una colata detritica, attivata dalle medesime, che si era staccata dalle pendici diboscate delle Murge, colline retrostanti alla città adriatica, e che ostruendo il torrente Picone lo fece esondare e inondare la città. Nel dibattito che ne seguì tra chi voleva difendere Bari solo con opere idrauliche e chi proponeva di cominciare la difesa da monte, con sistemazioni idraulico-forestali, l'ing. Valente (1905) fautore di questa seconda soluzione, in una riunione a caldo affermò che:

*“con minore spesa e senza gravi difficoltà essa potrà riuscire a distruggere la causa fondamentale del male, consentendo di scovare e di ammazzare la fiera, per esprimermi con un'immagine, nella sua stessa tana e prima che ne esca, anziché attenderla in aperta campagna per abbatterla e tantomeno in casa propria”.*

Questa frase non solo è suggestiva per la forza dell'immagine ma anche perché contiene un'indicazione importante e molto precisa: «scovare e ammazzare la fiera nella sua tana» vuol dire disinnescare all'origine la causa del dissesto, significa attuare una terapia eziologica e non sintomatica, una difesa attiva e non passiva<sup>3</sup> quale sarebbe stata con opere idrauliche di deviazione del corso d'acqua o di attraversamento della città. Ma oltre alla scelta del punto di attacco è importante il modo di procedere successivo. Il principio della «gradualità, continuità, integralità» costituisce il canone basilare delle sistemazioni, e gli interventi eseguiti applicandolo sono tra i più

---

<sup>2</sup> La Scuola di Vallombrosa cambiò più volte denominazione e, passata dal Ministero dell'Agricoltura e Foreste a quello della Pubblica Istruzione, fu trasferita a Firenze, e divenne Facoltà di Agraria con corso di laurea in Scienze Forestali (Puglisi, 2003 b).

<sup>3</sup> Purtroppo il Valente non fu ascoltato e Bari, malgrado le opere idrauliche eseguite, andò ancora due volte sott'acqua, nel 1915 e nel 1926 (Puglisi et al., 1991). Si provvide allora, finalmente, alla sistemazione idraulico-forestale dell'alto bacino del torrente Picone e alla creazione della Foresta di Mercadante. Questa ha salvato la città in occasione dell'alluvione del 2005 (Silletti, 2006).

riusciti in Italia e costituiscono ancora, a distanza di un secolo, baluardi efficienti contro le alluvioni (Puglisi, 2010).

Accade talvolta di imbattersi in espressioni sinonime quali “sistemazione dei bacini montani” e, in forma più stringata, “sistemazioni montane”. Sono formulazioni improprie? La prima no. La seconda è un modo di dire impreciso derivato dalla prima. La legge 22 dicembre 1910 n.919, che ha per oggetto “Provvedimenti per opere idrauliche e per opere idraulico-forestali di bacini montani” specifica dove eseguire quei lavori a cura e spese dello Stato. La legge 13 luglio 1911 n. 774, è più esplicita:

#### Titolo I. Sistemazione dei bacini montani

*Art.1.Nei bacini montani dei corsi d'acqua sono eseguite a cura e spese dello Stato [...] le opere di sistemazione idraulico-forestale necessariamente coordinate e collegate ad opere idrauliche, ecc.*

*Art.2.Saranno anche eseguiti a cura e spese dello Stato [...] i lavori di rinsaldamento e rimboscamento dei terreni compresi in un bacino montano, ecc.*

*Art.3.Con decreto o con decreti reali [...] sono determinati i bacini montani e i comuni nei quali essi si estendono, in cui dovranno eseguirsi i detti lavori.*

Queste norme confluirono nel “Testo unico delle disposizioni di legge per la sistemazione idraulico- forestale dei bacini montani” approvato con R.D. 21 marzo 1912 n.442, che fece piazza pulita di alcune formulazioni intermedie contenute nella legge speciale 25 giugno 1906 n.255 pro Calabria e nella legge 19 luglio 1908 n. 390 sul Vesuvio. Va da sé che la classificazione in bacino montano costituiva requisito imprescindibile per eseguirvi i lavori a totale carico della Stato e poteva riguardare anche bacini idrografici ricadenti in collina a quote non elevate. La legge forestale (R.D. 30 dicembre 1923 n. 3267) ribadì la normativa precedente, intitolando il Capo I del

#### Titolo II: Sistemazione idraulico-forestale dei bacini montani

determinando all'art.39 le categorie di opere e prescrivendo all'art. 43 la procedura di classificazione dei perimetri bacinali da sistemare. La Direzione generale per l'Economia montana e per le Foreste nel 1961 pubblicò in due volumi tutti i decreti di classificazione dei bacini montani determinati “ai sensi di legge”. Uguale validità ebbe l'inclusione dei perimetri da sistemare ricadenti in un comprensorio di bonifica integrale (R.D. 13 febbraio 1933 n.215) o in un comprensorio di bonifica montana (legge 25 luglio 1952 n.991).

L'articolo 21 del Testo Unico del 1912 prima citato dispose che una Commissione tecnica centrale consultiva redigesse le norme per la preparazione dei progetti di sistemazione idraulico-forestale dei bacini montani. Sulla base di tale parere fu emesso il D.M. 20 agosto 1912, col quale furono approvate e rese esecutive tali norme delle quali, ai fini della presente esposizione riassuntiva, si riportano i seguenti punti:

*11° - Ogni proposta deve essere ispirata a grande economia, modestia e semplicità, escludendo qualunque opera di lusso, ricordando che non si tratta di elevar monumenti od opere d'arte grandiose e che devonsi evitare dispendiosi lavori di muratura.*

*12° - Sono da impiegare i materiali rustici del sito, pietre, legnami, chiedendo alla forza di vegetazione i materiali viventi pel consolidamento dei terreni, ricorrendo anche a opere miste di*

*legname e sasso. Nelle frane, sono da evitare le costruzioni murali<sup>4</sup>, adottando invece piccole palizzate, graticciate o fascinate basse, inerbamenti e semine o piantagioni di alberi di pronto accrescimento.*

Questa normativa non è stata mai né abrogata né modificata, anzi fu espressamente richiamata nella circolare emanata dalla Direzione generale dell'Economia montana e delle Foreste a sèguito della legge per la montagna. In essa non compare un altro materiale 'povero', la terra<sup>5</sup>, perché all'epoca era usata nelle sistemazioni idraulico-agrarie delle aree calanchive onde fare le 'colmate di monte' ideate dal piovano Giovan Battista Landeschi (1775). Col tempo, però, acquistò rilevanza nella correzione dei torrenti calanchivi (Puglisi, 1963).

I materiali da costruzione 'semplici', ovvero naturali, dei tempi andati sono riassunti nella tabella 1 (Puglisi, 2003b) nella quale accanto alle denominazioni dei vari tipi di opere è stato posto entro parentesi il numero della figura corrispondente.

Come dice in modo esplicito il punto 11° della normativa del 1912, la prescrizione di usare i materiali del posto obbediva a ragioni economiche. A parte la loro prerogativa di essere rinvenibili sul posto e di non richiedere spese elevate per il loro impiego, o comunque di poter essere acquisiti a buon mercato, i materiali anzidetti possedevano qualità intrinseche per cui hanno trovato impiego anche in tempi successivi, ancorché divenuti più costosi. Altrimenti detto, le tecniche d'IN facevano parte delle SIF sin dagli inizi, come documentato in numerose pubblicazioni, italiane e straniere tra cui, significative, quelle dell'austriaco Wang (1905), Lacava (1914), De Horatiis (1930), Merendi (1936), ecc. In seguito cominciarono a distinguersi con il nome di sistemazioni idraulico-forestali secondarie<sup>6</sup>. All'attualità, ferme restando le qualità di cui si è detto unitamente ai requisiti funzionali, quando sussistono, il loro impiego è determinato dalla circostanza di essere a basso impatto ambientale e di avere incorporata, tranne che nelle briglie<sup>7</sup>, la vegetazione.

Nelle figure qui di seguito riportate da 4 a 28 sono rappresentati i tipi di opere classificati nella tab.1 - la quale tratta dei materiali naturali con l'aggiunta della rete metallica che alla fine dell'Ottocento faceva le prime comparse - sotto forma sia di disegni sia di applicazioni in pieno campo<sup>8</sup>. Essi mostrano sia quanto fosse ricca sin dagli inizi la tipologia delle sistemazioni idraulico-forestali, sia quanti di questi tipi d'opera siano ancora attuali.

---

<sup>4</sup> Sono da intendersi i muri di contenimento e non i muretti di cui si parlerà in 4.2.1.

<sup>5</sup> Denominazione semplificata dei 'materiali sciolti'.

<sup>6</sup> Il progetto esecutivo dei lavori di SIF comprendeva: a) Opere intensive, cioè le opere costruttive principali (a loro volta distinte in tipi normali [cioè seriali] e tipi speciali [cioè singolari] di opere d'arte) e secondarie (nei segmenti idrografici minori); b) Opere estensive (rimboschimenti, cespugliamenti e inerbimenti); c) Opere sussidiarie (viali di servizio e tagliafuoco, recinzioni).

<sup>7</sup> Se la vegetazione ostruisce la gàveta può provocare l'aggiramento e la rovina dell'opera. Nelle incisioni minori, invece, la vegetazione, sovente anche spontanea, contribuisce all'estinzione del fenomeno torrentizio.

<sup>8</sup> Si è aggiunta, per completezza, la muratura cellulare che fece la sua comparsa in questo settore più di ottanta anni orsono.

**Tab.1 MATERIALI DA COSTRUZIONE NATURALI E LORO IMPIEGO NELLE TIPOLOGIE SISTEMATORIE DEI PRIMORDI** (da Puglisi, 2003, modificato)

ORIGINE	DESCRIZIONE	IMPIEGO	TIPOLOGIE
LITOIDE	<b>MASSI, PIETRAME</b>	Muratura a secco	Muri a secco, Piccole briglie (4)
	<b>MATERIALI SCIOLTI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Riempimenti</li> <li>Rilevati</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cassoni (5), Gabbioni (6)</li> <li>Argini</li> <li>Colmate di monte (Briglie in terra) (7)</li> </ul>
VEGETALE	<b>ALBERI INTERI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Difese spondali</li> <li>Soglie (10)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Opere radenti (8)</li> <li>Opere salienti (9)</li> </ul>
	<b>LEGNAME, PALERIA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Difese spondali</li> <li>Opere trasversali</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cavalletti (11), Cassoni (5), Palizzate</li> <li>Palificate (13)</li> <li>Soglie, Piccole briglie (12, 14)</li> </ul>
	<b>MATERIALI SOTTILI</b> vermene, vimini e pertichini intrecciati o legati a fascina	<ul style="list-style-type: none"> <li>Difese spondali</li> <li>Rinsaldam. pendici</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mantellature (Coperture diffuse) (15)</li> <li>Gabbioni vegetali (16, 17)</li> <li>Graticciate (18, 19)</li> <li>Fascinate (20, 21)</li> </ul>
MISTA	<b>LEGNO, PIETRAME e PIETRA da TAGLIO</b>	{ Briglie (2, 22, 23, 24)	
	<b>LEGNO, TERRA e PIETRAME e VEGETAZ.</b>	{ Palificata a doppia parete	
	<b>C.S. + ALBERI INTERI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Briglia Duile (25)</li> <li>Briglia Zenotti (26)</li> </ul>	
	<b>PIETRAME e RAMAGLIA</b>	{ Briglia Valentini (27)	
	<b>LEGNO e FASCINATE e RETE METALLICA</b>	{ Pannello tipo Wolff (3)	
	<b>MURATURA CELLULARE</b>	{ Briglia Andreocci (28)	



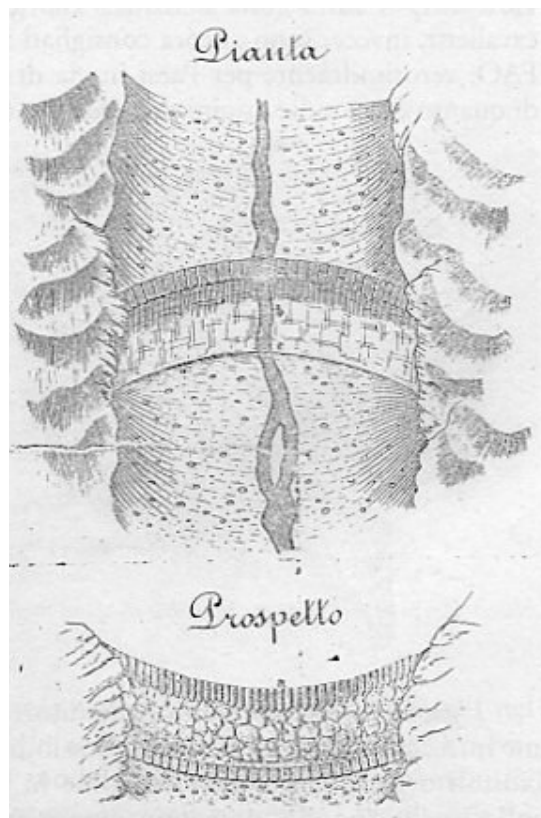


Fig. 4 Disegno di briglia in muratura a secco (da Torelli, 1874)

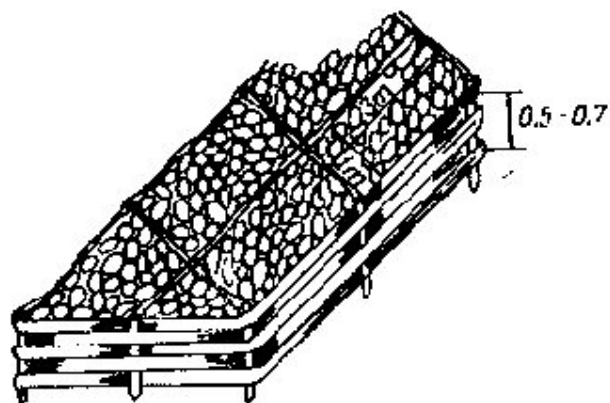


Fig. 5 Disegno di cassone in legname zavorrato con pietrame, impiegato come difesa spondale (da Baloiu, 1967)



Fig. 6 Schema di sistemazione di un torrente con gabbioni metallici cilindrici impilabili, accostati e resi solidali con legature in fil di ferro, disposti trasversalmente al corso d'acqua (da Serrazanetti, 1898)

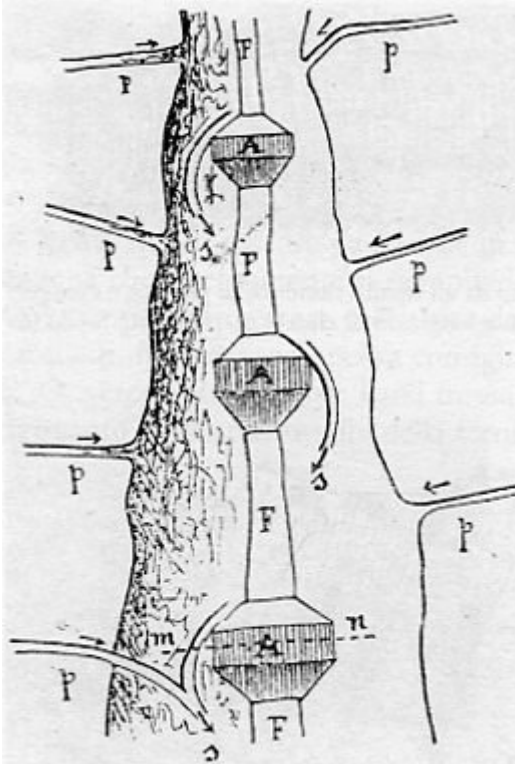


Fig. 7 Schema di sistemazione di torrente calanchivo con briglie in terra, anticamente chiamate colmate di monte, munite di scaricatore laterale dei deflussi (da Sabbatini, 1922)

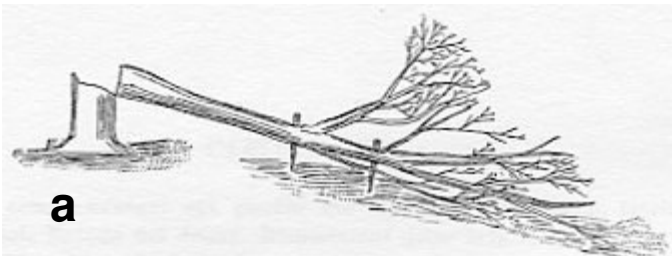


Fig. 8 Schema di difesa spondale radente realizzata mediante albero intero disposto orizzontalmente. In **a** da Piccioli (1905) in **b** da Patt et al. (1998).

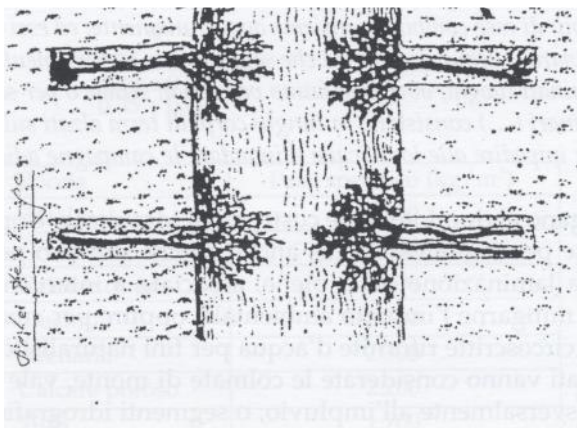


Fig. 9 Schema di difesa spondale realizzata mediante alberi interi disposti orizzontalmente come opere salienti dette pennelli o repellenti (da Bettoni, 1782).



Fig. 10 Schema di soglia realizzata mediante albero intero (da Patt et al, 1998)

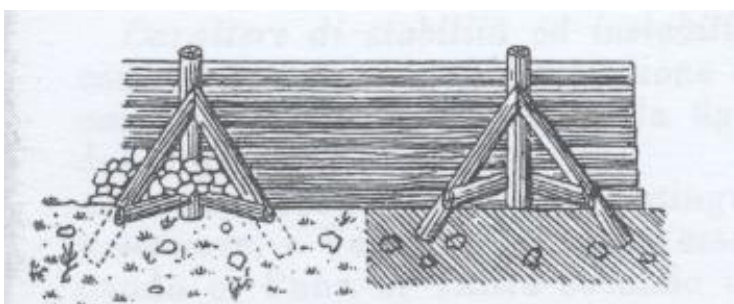


Fig. 11 Disegno di difesa spondale con cavalletti in legname zavorrati mediante pietrame vista da monte (da Piccioli, 1905).

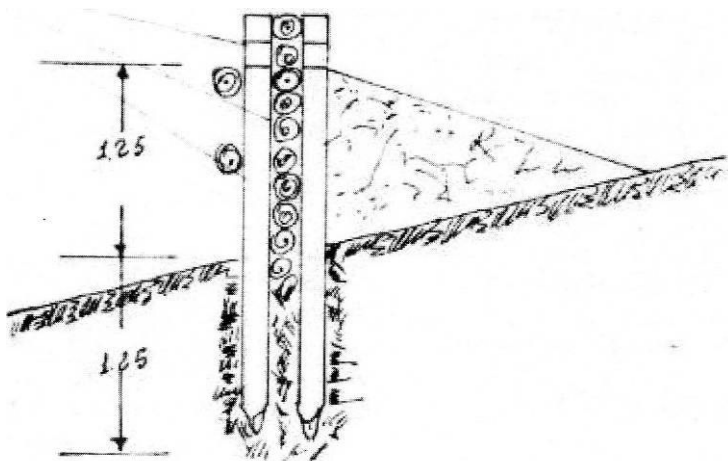


Fig. 12 Briglietta in legname con 'corazzatura' in terra battuta a monte per impermeabilizzarla (Corpo Forestale dello Stato, Isp. Rip. For. Matera, progetto del 1961, da Puglisi, 2002a)

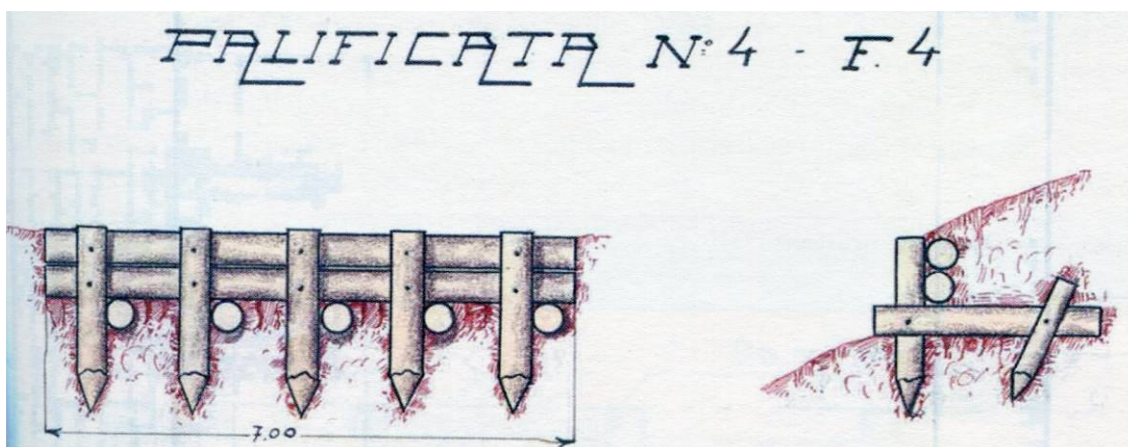
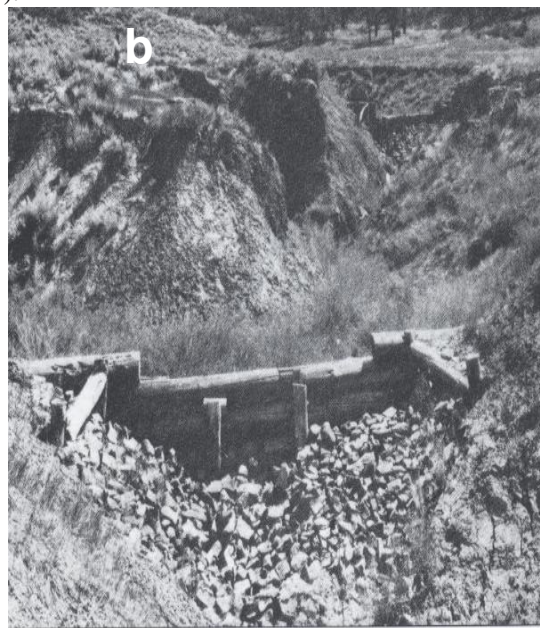


Fig. 13 Disegno tipo di palificata in legname realizzata tra il 1927 e il 1937 dal Corpo Forestale dello Stato nel bacino dell'Alto Tagliamento (da Berghem, 2005).



**b**

Fig. 14 In **a** sistemazione con briglie in legname costruite utilizzando assortimenti a sezione rettangolare (da Di Tella, 1912); in **b** stesso tipo di opera costruito con tronchi. Da notare la disposizione dei pali a valle dell'opera (da Dip.to Agricoltura degli Stati Uniti, in FAO, 1980).



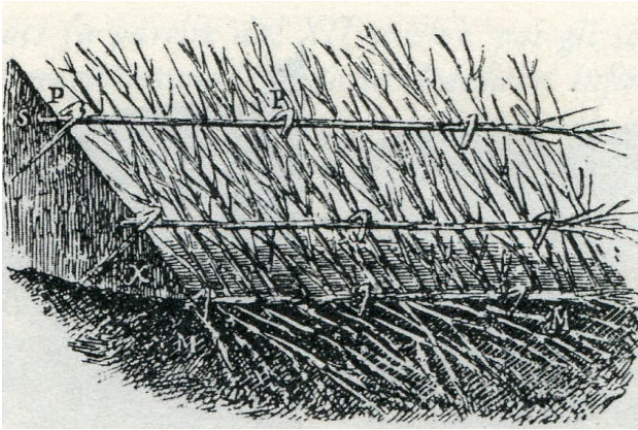


Fig. 15 Disegno di mantellatura come si chiamava un tempo la copertura diffusa (da Viappiani, 1919)

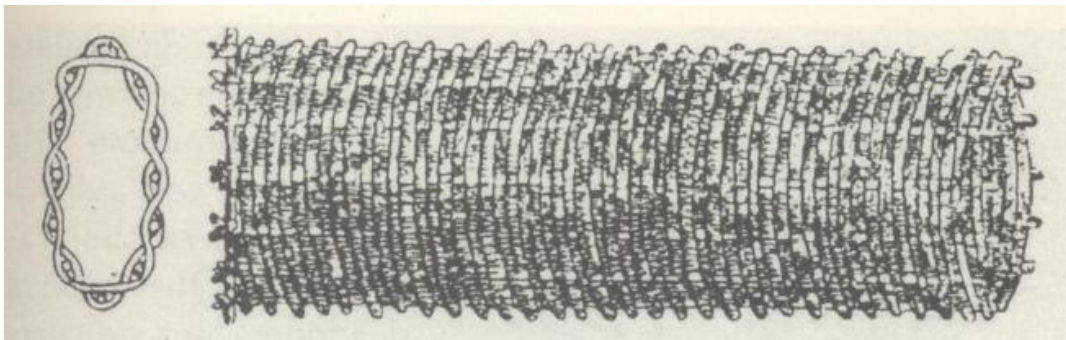


Fig. 16 Disegno di gabbione vegetale (da Viappiani, 1919)

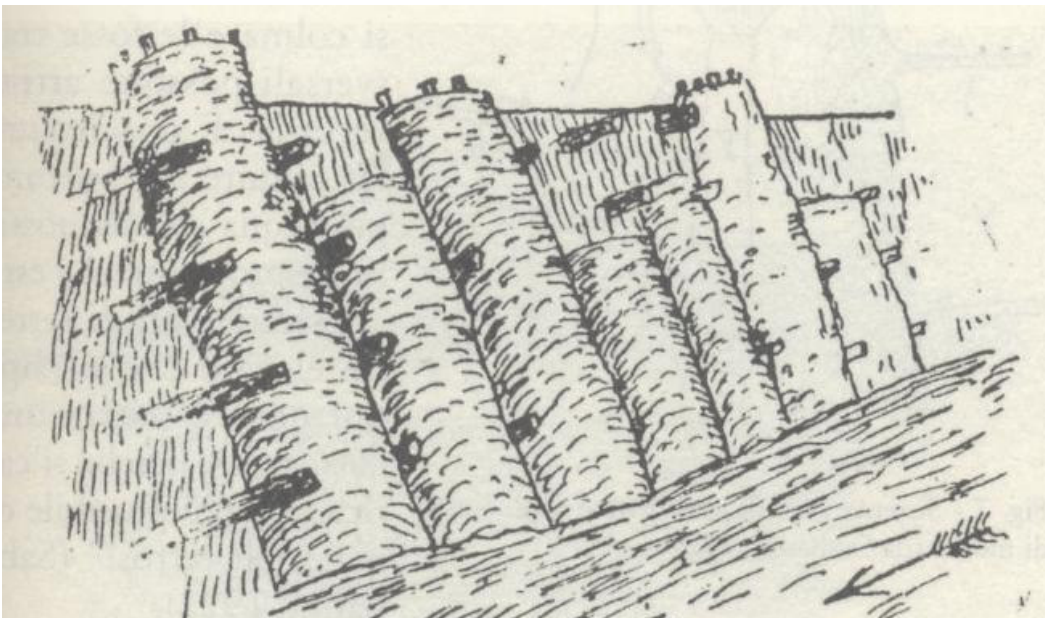


Fig. 17 Schema di difesa spondale radente in gabbioni vegetali zavorrati con pietrame (da Viappiani, 1919).



Fig. 18 Sistemazione con graticciate alte viventi di un tronco del Torrente Bourget in Francia disposte come soglie a valle di briglie in muratura. Anche qui le tipologie impiegate dipesero dalla funzione assegnata ai manufatti.

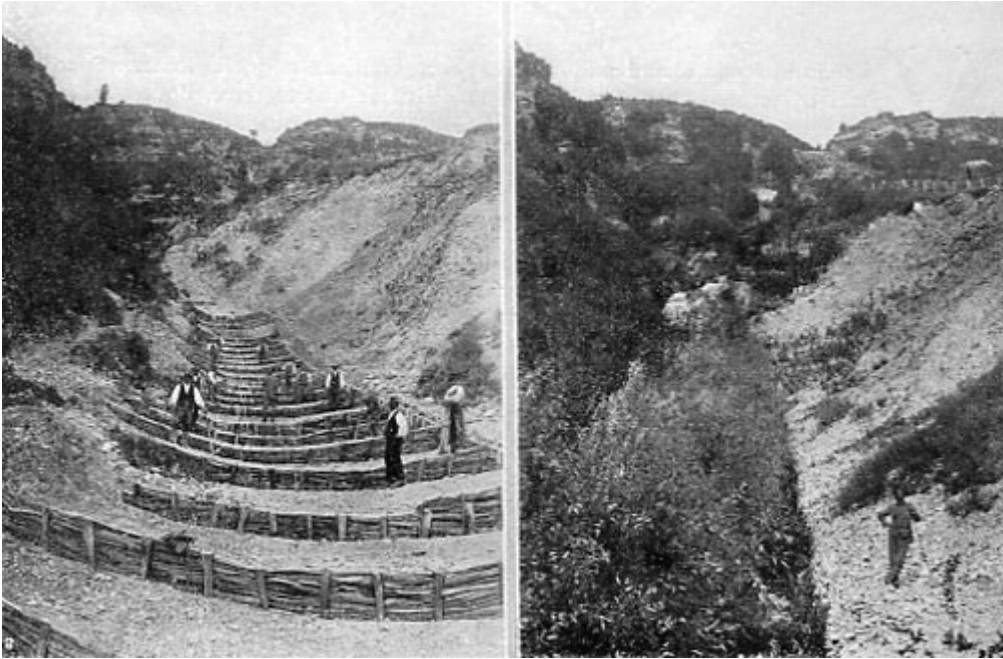


Fig. 19 Sistemazione idraulico-forestale con piccole opere trasversali realizzate mediante graticciate vive nell'alta Val Carane (Caprino Veronese). A sinistra dopo l'esecuzione dei lavori, a destra 5 anni dopo (da Di Tella, 1912).

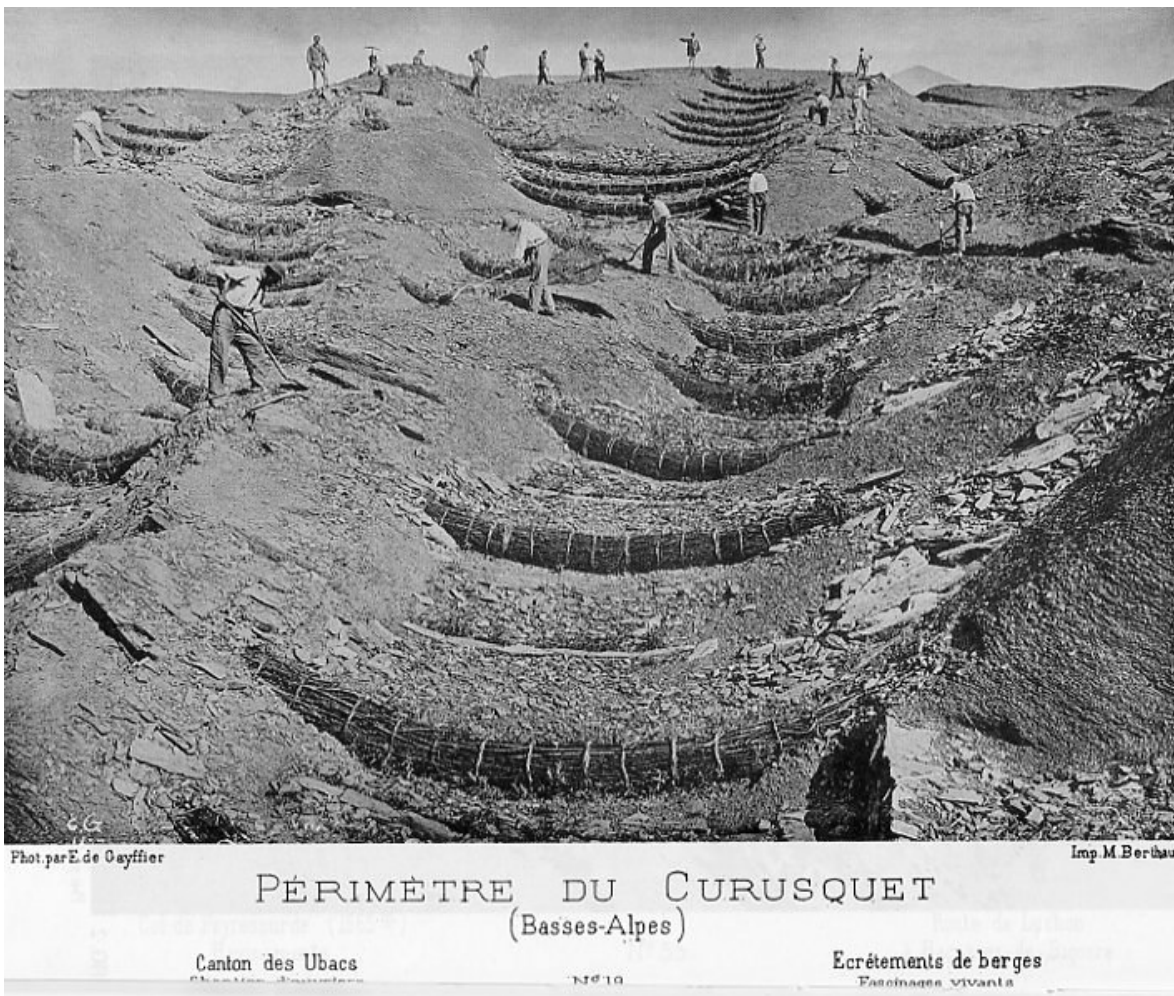


Fig. 20 Sistemazione idraulico-forestale con fascinate viventi previo scoronamento in un bacino torrentizio delle Alpi francesi.



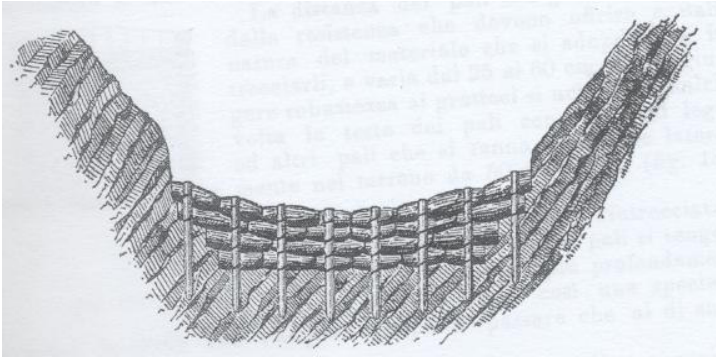


Fig. 21 Alzata di fascinata definita “traversa [briglia] vegetante” (da Piccioli, 1905)



Fig. 22 A partire dal 1807, lungo il corso superiore del Torrente Magnone vennero realizzate numerose briglie «con telaio frontale in legname di castagno e riempimento di grossi blocchi a tergo» (da Malpaga e Mussi, 2004).



Fig. 23 Briglie in legname e pietrame costruite nei dintorni di Domodossola (da Wang, 1905).



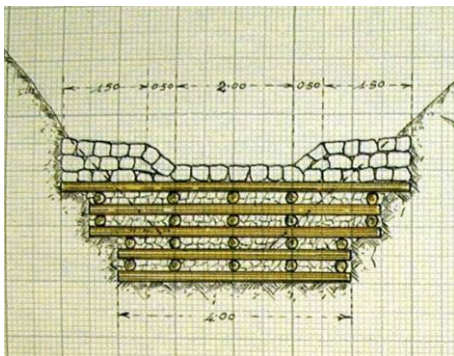


Fig 24 Briglia in legno e pietrame con gàveta in pietra da taglio, come da disegno riportato sopra (da Malpaga e Mussi, 2004)



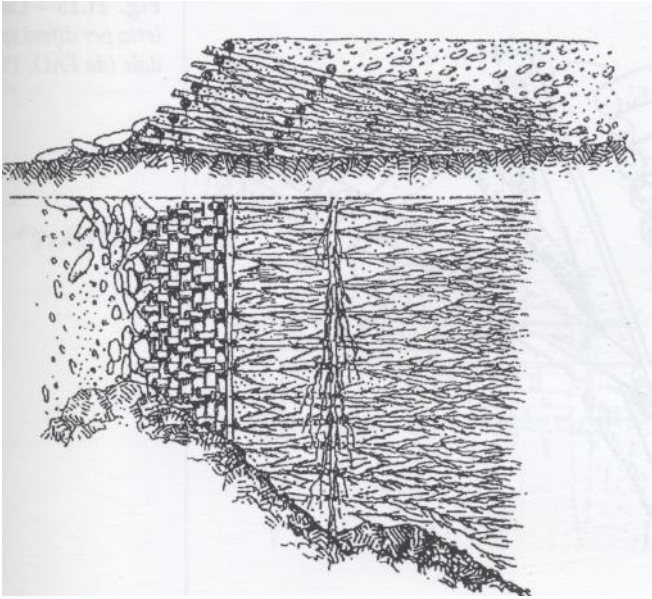


Fig. 25 Sezione e planimetria della briglia Duile (1826) costruita in terra rinforzata con alberi interi

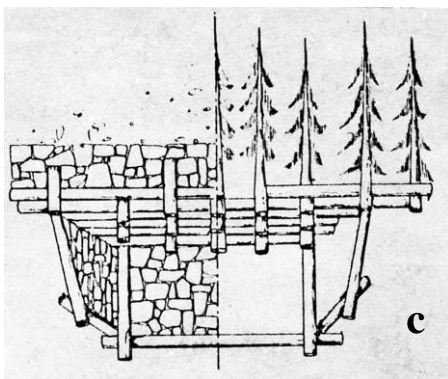
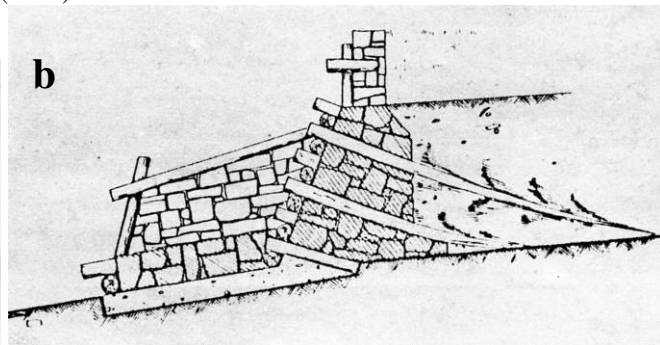
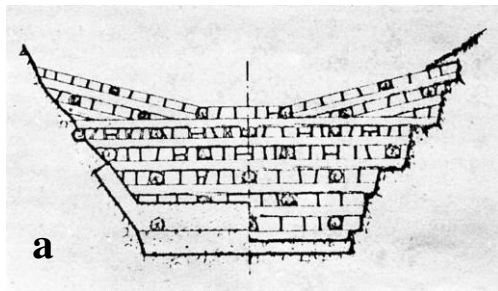


Fig. 26. Prospetto (a), sezione (b) e planimetria (c) della briglia Zanotti (1969) costruita in legno, pietrame e alberi interi

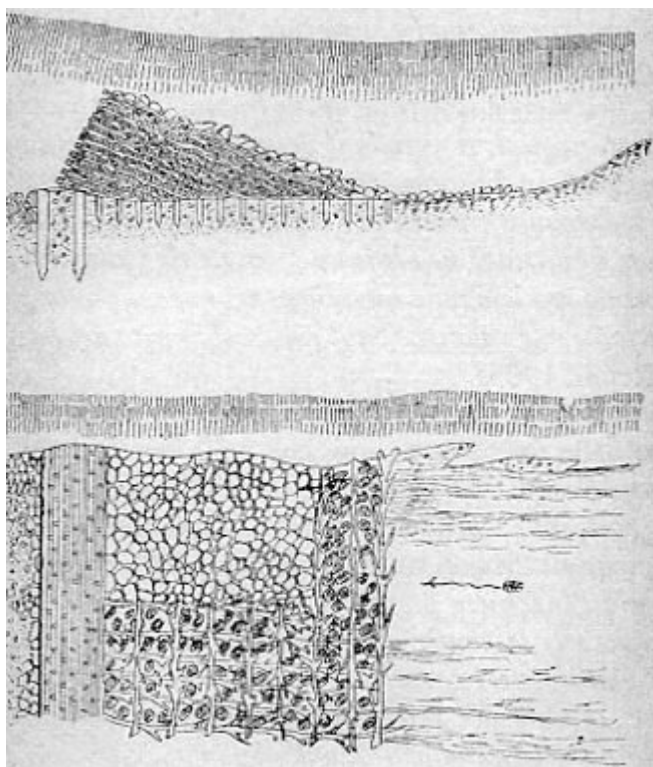


Fig. 27 Sezione e planimetria della briglia Valentini (1912) costruita in pietrame e ramaglia

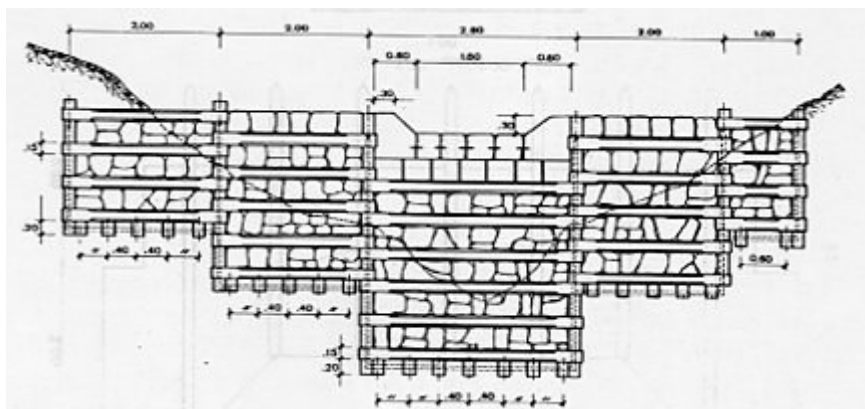


Fig. 28 Prospetto di briglia in muratura cellulare progettata dall'ingegnere Andreocci (1929)

## 4.2 Campi di applicazione

Dal quadro d'insieme delle SIF, prima definite, si possono estrarre diversi ambiti applicativi in cui le tecniche relative continuano a trovare impiego. Essi riguardano sia categorie di dissesto idrogeologico, dai franamenti all'erosione incanalata, sia le opere sussidiarie quali viabilità di servizio e viali tagliafuoco.

### 4.2.1 Interventi nelle aree franose

Nella denominazione dei vari tipi di movimenti franosi si segue ormai la classificazione di Varnes (Carrara et al., 1985) che ne distingue i caratteri anche in dipendenza delle formazioni interessate (ammassi rocciosi e terreni sciolti). I tipi d'interesse delle SIF sono i seguenti:

- Crolli
- Ribaltamenti

- Scorrimenti rotazionali e traslativi (planari)
- Colate detritiche e fangose

#### 4.2.1.1 Crolli

Sono distacchi di blocchi da pareti rocciose che avvengono a sèguito di rottura lungo piani di discontinuità preesistenti. Il blocco si muove inizialmente nell'aria. Dopo la caduta libera vi è l'impatto sulla superficie del pendio per cui il masso, restando intatto o frantumandosi, rimbalza e successivamente rotola. Impedirne il distacco è compito dell'ingegneria geotecnica (disgaggio, bullonatura, ecc.) mentre per mettere al riparo strutture abitative e infrastrutture, si ricorre a fossati e barriere. Queste difese passive si possono realizzare con le tecniche dell'IN. Principalmente, rilevati in terra rinforzata e rinverdita. Per il calcolo della distanza dalla parete, può essere utile consultare qualche testo specialistico (Giani, 1997).

#### 4.2.1.2 Ribaltamenti

Sono movimenti franosi di pareti rocciose dovuti a forze (ad esempio: spinta idrostatica di acqua penetrata in giunti verticali della roccia interessata) che generano momenti ribaltanti attorno a un punto posto al disotto del baricentro della massa instabile (fig. 29).

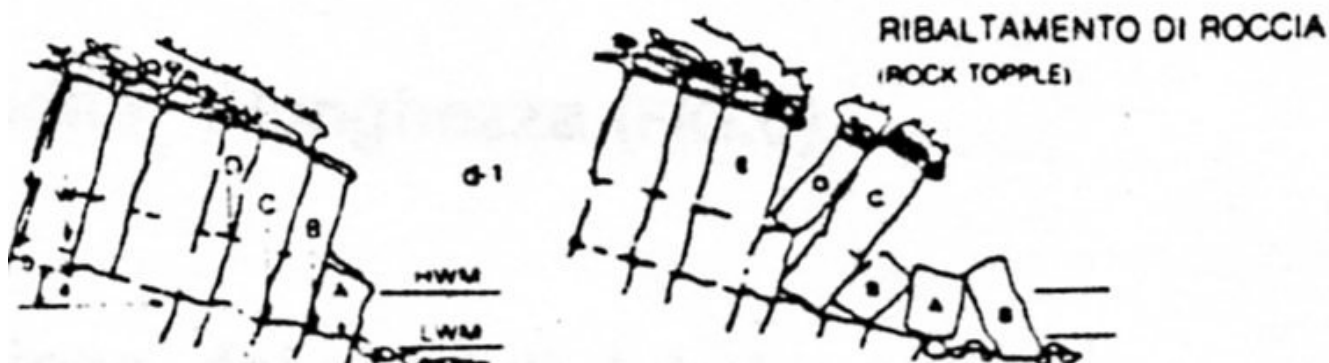


Fig. 29 Schema di frana per ribaltamento (da Carrara et al., 1985 )

La difesa attiva, quando possibile, rientra nei compiti dell'ingegneria geotecnica. La discesa dei blocchi sulla pendice sottostante può essere agevolata dallo scalzamento al piede di questa e giungere sino al corso d'acqua da dove poi i massi proseguono generando rischio per gli insediamenti vallivi. In questi casi si ricorre alla sistemazione del torrente con briglie robuste (Trisorio-Liuzzi, 1981). Per il loro inserimento nell'ambiente si può ricorrere a briglie di massi con fondazione e anima in calcestruzzo armato. Un rimedio a impatto ambientale molto basso è costituito dalla fissazione dei massi circolanti, quando possibile, con micropali, oppure collegandoli ('ricucitura') come nella figura 30.

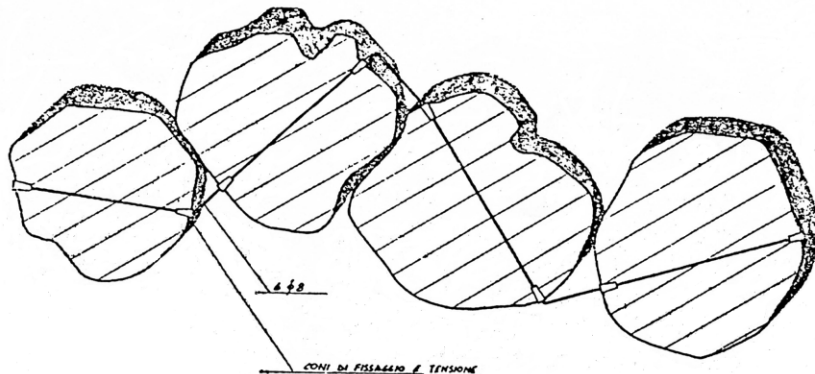


Fig. 30 Schema di legatura o 'ricucitura' di massi in alveo per impedirne il movimento verso valle (da Puglisi, 2005).



#### 4.2.1.3 Scorrimenti

Gli scorrimenti si distinguono in rotazionali, quando il franamento si verifica lungo una superficie di rottura concava verso l'alto, e traslativi o planari allorché il movimento avviene sopra una superficie pressoché piana. Nelle zone montuose gli scorrimenti sono attivati sovente da erosione al piede della pendice. Si rende necessario, in questi casi, intervenire sia al di fuori dell'area in frana, con opere di SIF interruttrive dei fenomeni di scalzamento delle pendice (imbrigliamenti, difese spondali e diversivi) sia nel corpo di frana, sempre che il piano di scorrimento si trovi a profondità limitata (ca. 6 m). Oltre all'emungimento delle acque sotterranee occorre una regimazione idraulica superficiale impeditiva che le acque superficiali si infiltrino. Uno schema collaudato (Puglisi, 1982) prevede trincee a rittochino, con vespaio in pietrame, sigillato in sommità con terra pistonata e sovrapposta canaletta (fig. 31a), che faccia da collettore anche per le scoline laterali ad andamento livellare (fig. 32). Le trincee debbono avere la massima permeabilità interna e la massima impermeabilità esterna. Questo schema, adottato dallo scrivente, ha dato buoni risultati (figg.33, 34). Se ne può migliorare l'impatto ambientale sostituendo nella canaletta i prefabbricati cementizi con materiali naturali: legno e pietrame (fig 31b).

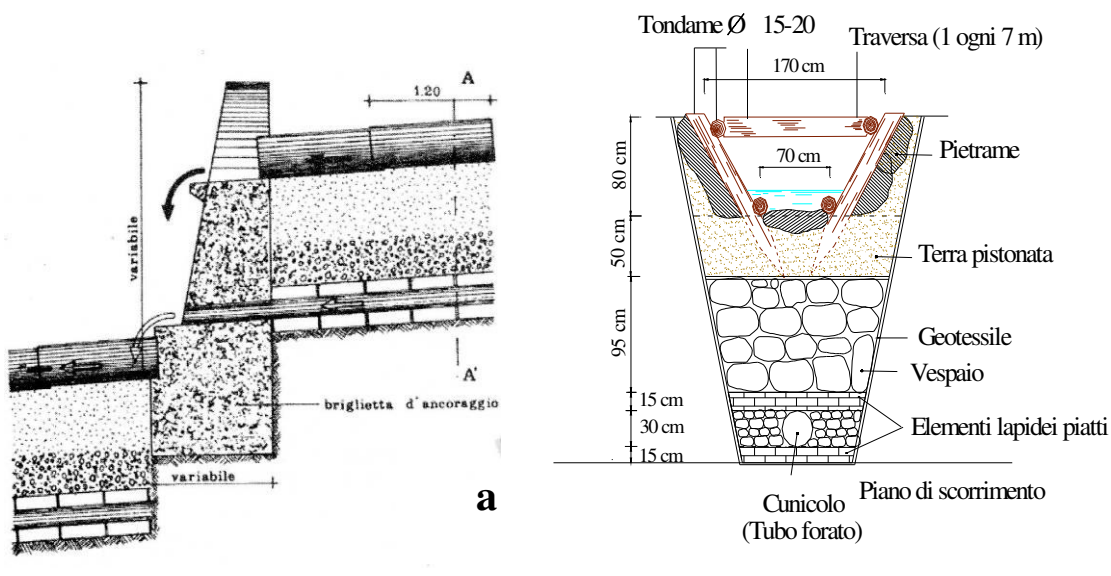


Fig. 31 In **a** sezione longitudinale del dispositivo per il consolidamento di frana poco profonda: trincea drenante e canaletta in prefabbricato cementizio per la raccolta delle acque superficiali (da Puglisi, 1982); in **b** sezione trasversale della trincea drenante, secondo lo schema precedente, con sovrastante canaletta in legname e pietrame. Le brigliette di ancoraggio servono sia per regolare la pendenza delle canalette, sia per portare fuori e non far entrare in pressione le acque emunte .

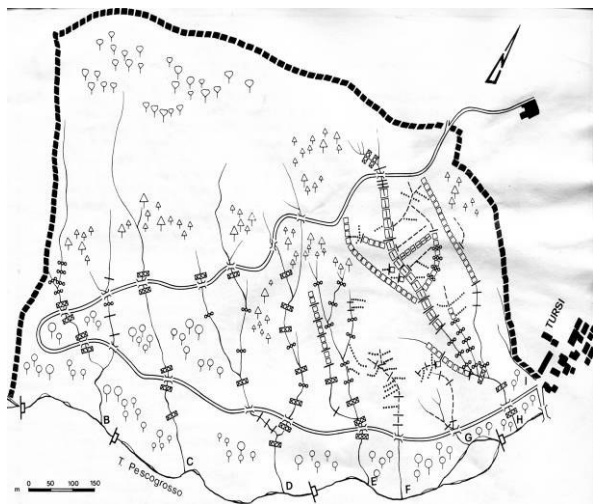


Fig.32 Schema della sistemazione idraulico-forestale della frana "Le Serre" di Tursi (MT) con drenaggi e regimazione idraulica superficiale attuata con i dispositivi della figura 31, oltre a briglie torrentizie al piede della pendice in frana e opere minori (brigliette in gabbioni e in legname) nel reticolo idrografico sotteso dal torrente Pescogrosso. Per il rimboscimento vennero messe a dimora semenzali di Eucalitto camaldulense mentre il Pino d'Aleppo, essendo spontaneo nella zona, fu seminato (da Puglisi, 1982).



Fig. 33. In **a** la frana de Le Serre a Tursi (MT) prima dell'intervento (1956), in **b** a 40 anni di distanza (da Puglisi, 2005).

#### 4.2.1.4 Colate detritiche e fangose

La vegetazione in questo settore, se i fenomeni si manifestano al disotto del limite della vegetazione arborea, svolge un ruolo importante per mezzo sia degli apparati radicali che aiutano ad ancorare il suolo alla sottostante matrice rocciosa, sia con l'evapotraspirazione che contribuisce a ridurre le pressioni neutre o interstiziali facendone aumentare la resistenza al taglio. La stratificazione geologica può essere tale che la vegetazione, la quale esplora la coltre superficiale, per ragioni edafiche (diverso pH) non penetri nello strato sottostante (caso delle piroclastiti acide su rocce carbonatiche basiche). In questi casi bisogna trovare il modo di rendere più stabile la pendice proclive a franamento mediante fossi di guardia a monte e interventi di regimazione idraulica superficiale per lo smaltimento dei deflussi *overflow* impedendo che essi penetrino nella coltre superiore, accrescendone il peso, e giungano sino alla superficie di separazione delle due formazioni, lubrificandola. In mancanza si ricorre a opere di difesa passiva (briglie o piazze di deposito). Un caso di difesa passiva affidata a briglie è quello del torrente Pontamafrey (fig.34),

giustificato dall'impossibilità sia di impedire il susseguirsi di colate che ogni volta interrompevano un collegamento ferroviario internazionale (Italia - Francia), sia di ricorrere a opere a basso impatto ambientale. Nelle zone pedemontane e collinari, dove è possibile ricorrere alla vegetazione, bisogna mettere questa in condizione di svilupparsi con l'ausilio di opere d'IN quali muretti a secco, fascinate, gabbioni, ecc.

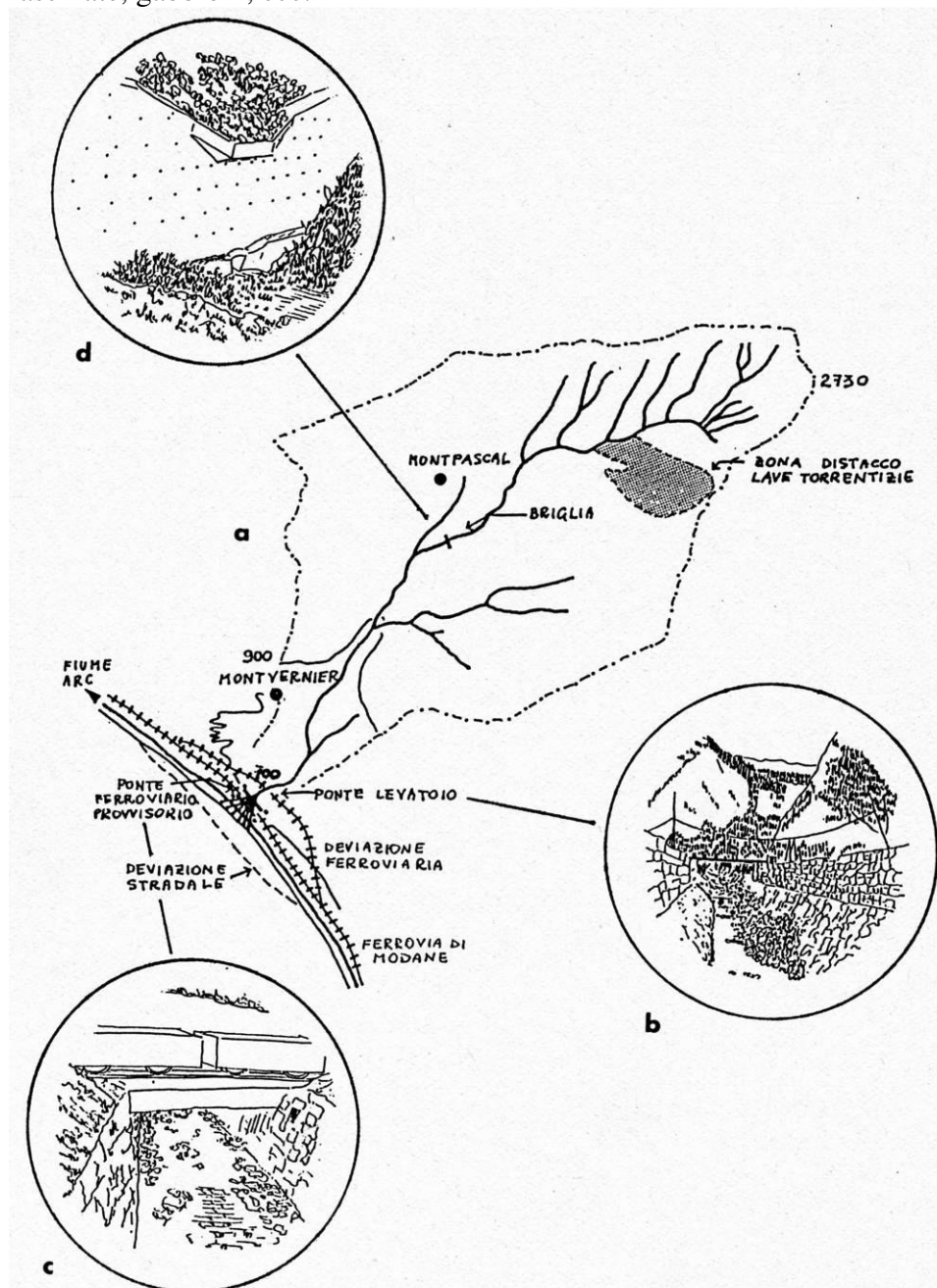


Fig. 34 Schema della sistemazione del torrente Pontamafrey non ottenibile con opere a basso impatto ambientale. Le colate (a) interrompevano la ferrovia di Modane che porta in Italia (c). Fu fatto un briglione a gravità poggiante su una struttura ad arco (d) con lo scopo di trattenere il materiale di colata, provocarne la paracèntesi e rallentare la discesa. Il ponte ferroviario fu rifatto con strutture provvisorie: travi appoggiate in cls precompresso. Allorché le lave torrentizie le portavano via, il traffico ferroviario veniva deviato a monte, abbassando il ponte levatoio (b) per il tempo necessario a rimontare altre travi prefabbricate, parcheggiate in un cantiere attiguo. (da Puglisi e Trisorio Liuzzi, 1990).

#### 4.2.1.5 Aree relitte o proclivi al franamento

Nella letteratura tecnica vengono annoverati come interventi di sistemazione delle frane quelli che in realtà sono interventi nelle aree da cui si sono staccate frane. Si tratta di superfici che sono rimaste decorticate e proclivi a nuovi franamenti, dove, con la regimazione idraulica superficiale, si



vuole impedire sia fenomeni di erosione diffusa e incanalata destabilizzante, sia l'infiltrazione dell'acqua che potrebbe attivare ulteriori rotture di equilibrio. Dallo schema di Valentini (fig.35) a quello di Carullo (fig.36), attraverso anche altri esempi (figg. 37- 40), i principi basilari si equivalgono sicché le tipologie non differiscono, salvo che per i materiali usati.

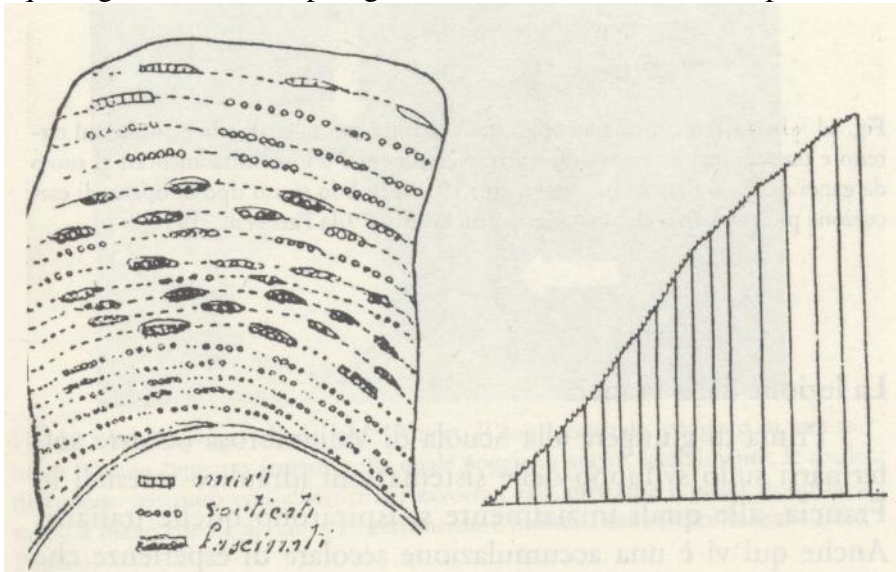


Fig. 35 Planimetria e sezione longitudinale di sistemazione di pendice franosa con muretti, opere in legno ('scorticati') e fascinate (Valentini, 1893).

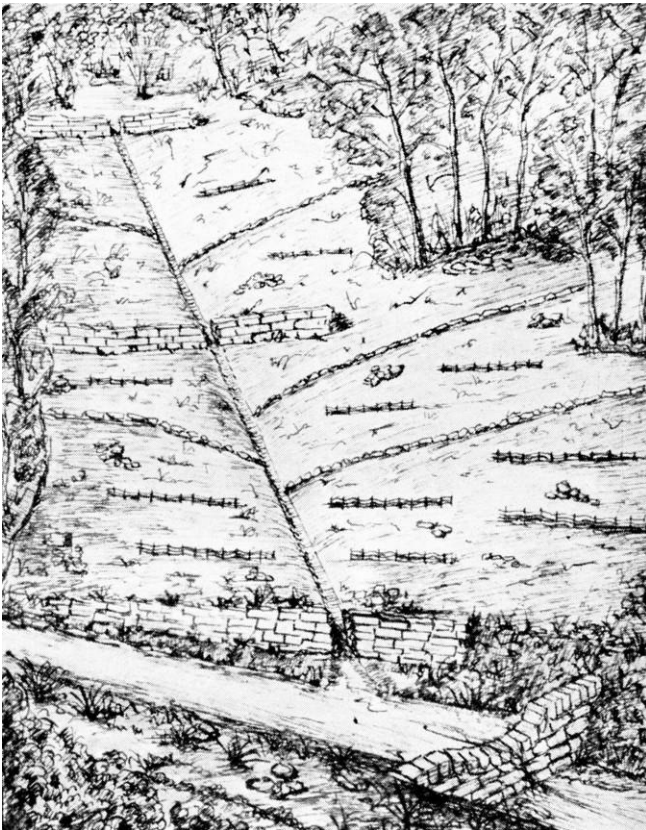


Fig. 36 Schizzo di sistemazione di pendice franosa mediante briglia in muratura al piede, muretti a secco, graticciate e scoline (da Carullo, 1952)





Fig. 37. Sistemazione idraulico-forestale con piccole briglie, graticciate e scoline selciate (da Mannozi-Torini, 1942a).



Fig. 38. Sistemazione idraulico-forestale come la precedente per il ripristino del manto boschivo (da Mannozi-Torini 1942b).

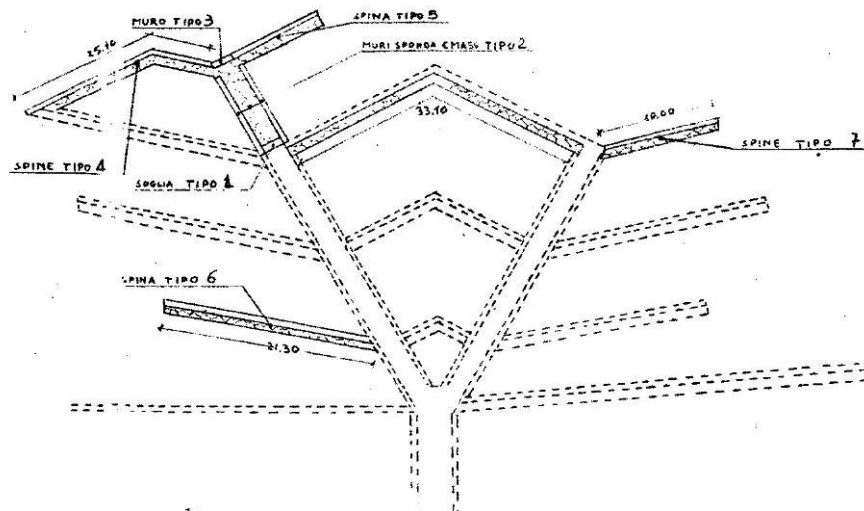
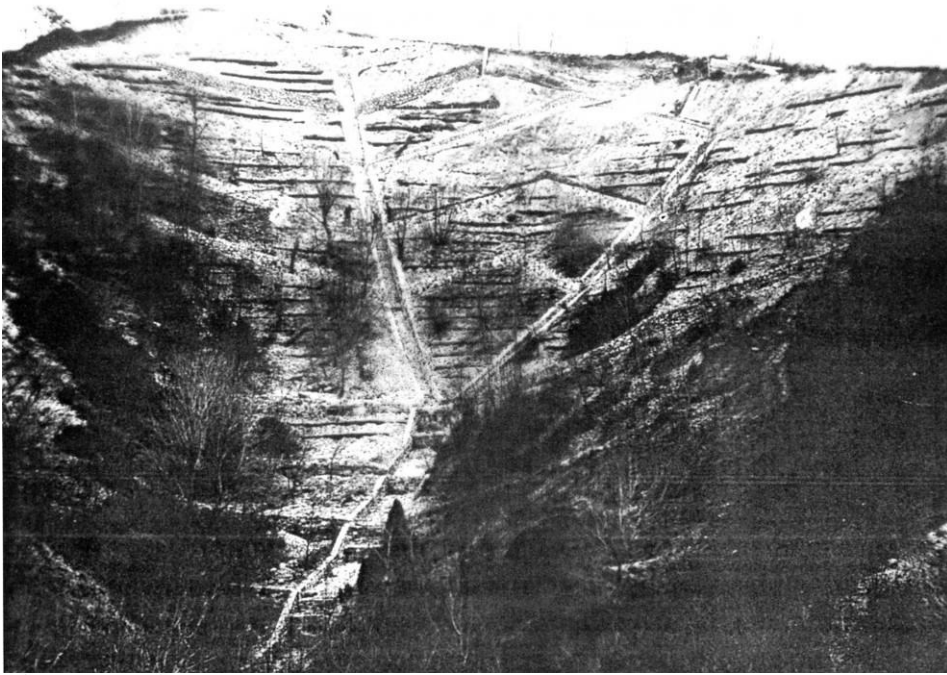


Fig. 39 Sistemazione di frana superficiale con impiego di opere (salti di fondo, muretti e cunettoni) in muratura di pietrame a secco, con ripristino del manto vegetale (da Puglisi, 2002b)



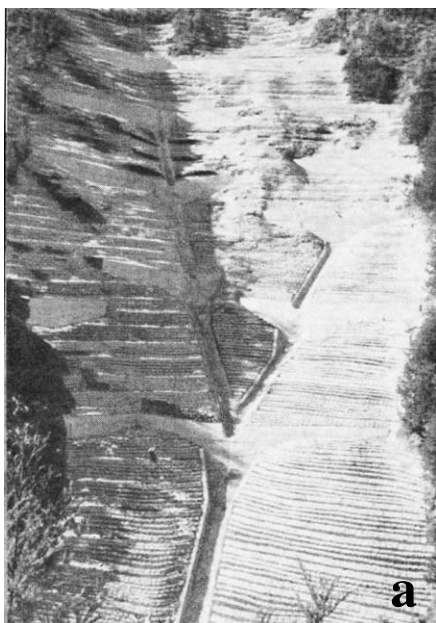


Fig. 40 In **a** pendice scoscesa sistemata in Giappone mediante modellamento, cunette, salti di fondo associati a muri di contenimento e 'Vegetation sack work' cioè rivestimento vegetale preconfezionato. In **b** particolari della tipologia per realizzare la copertura vegetale. Si dispongono lungo le curve di livello, fissandoli con picchetti, sacchi pieni di terra e semi, i quali intercettano il ruscellamento e si imbevono di acqua dando modo ai semi di germinare e poi alla vegetazione di svilupparsi per assicurare l'ancoraggio definitivo al suolo mediante le radici (da Katayama, 1968)

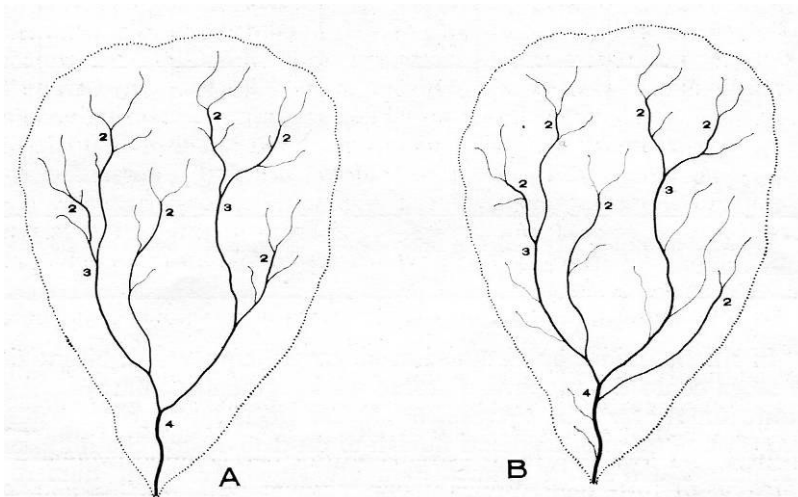


#### 4.2.2 *Interventi localizzati*

Come nel caso di edifici dove un vetro rotto va subito cambiato senza aspettare di intervenire quando tutto l'edificio è ormai in rovina, allo stesso modo nel territorio vanno - o andrebbero - subito eliminate le prime manifestazioni di dissesto idrogeologico, anche se si tratta di interventi isolati apparentemente privi del requisito della organicità.

##### 4.2.2.1 *Casi di anomalia gerarchica*

Nella classificazione di Horton-Strahler due segmenti idrografici d'ordine 1 danno luogo a un segmento d'ordine 2, due segmenti di questo ordine danno luogo a un segmento di ordine immediatamente superiore e così via (Puglisi, 1986). Allorché, però, un segmento d'ordine 1 si versa in un segmento di ordine superiore al 2, ciò costituisce un'anomalia gerarchica (fig.41), e indica che da quel segmento può innescarsi, attraverso il progredire nel tempo dell'erosione incanalata rimontante, una ramificazione di nuovi segmenti idrografici che si andranno gerarchizzando sino a raggiungere lo stadio conservativo legato al numero d'ordine del recipiente (da Ciccacci et al., 1981). Per disinnesare il fenomeno, bisogna provvedere con piccole opere a basso impatto ambientale rientranti nelle tipologie dell'IN (fig.42).



- Fig. 41 . Planimetrie di bacini idrografici. A tratteggio sono indicati i segmenti idrografici di ordine 1. Quando essi si versano nei segmenti di ordine 3 o 4, costituiscono casi di anomalia gerarchica (da Ciccacci et al., 1981)



Fig. 42 Sistemazione con graticciate di un piccolo solco torrentizio o semento idrografico di ordine 1 che si versa in un segmento di ordine superiore al 2 (da Binder, 1069).

#### 4.2.2.2 Incisioni gully

E' noto che nelle pendici in pendio il ruscellamento superficiale dopo un certo percorso diventa erosione incanalata (Puglisi, 1968). In questi casi, come per i fenomeni di anomalia gerarchica prima visti, occorre provvedere a disinnescare il fenomeno, prima che si estenda in superficie e in profondità. Il rimedio adottato da sempre nelle SIF è quello delle graticciate, delle brigliette in legname, in gabbioni, ecc. con le tecniche prima viste. Si ritiene utile al riguardo riportare una tabella comparativa delle varie tipologie disponibili che andrebbe tenuta presente in sede di progettazione (tab.2, da Gentile et al., 1996).

Tabella 2 (da Gentile F., Puglisi S., Trisorio Liuzzi G., 1981)

Caratteristiche	Tipo di opera						
	Difese in materiali vegetali e vegetanti	Briglie in legname	Briglie in terra	Muratura a secco e gabbionata Scogliere	Reti metalliche Griglie di putrelle	Prefabbricati	Muratura ordinaria e di getto
Fase del processo evolutivo	Iniziale	Iniziale	Matura	Iniziale	Iniziale	Iniziale	Matura
Adattabilità alla sezione d'imposta	Buona	Buona	Ottima	Buona	Discreta	Discreta	Mediocre
Utilizzazione di materiali del posto	Buona	Buona	Ottima	Buona	Discreta	Variabile	Mediocre
Possibilità di costruzione con un minimo di mezzi ingegneristici	Buona	Buona	Discreta	Discreta	Buona	Discreta	Mediocre
Tempo richiesto per la costruzione	Buono	Buono	Discreto	Discreto	Buono	Buono	Discreto
Trasportabilità in sito	Buona	Buona	Ottima	Ottima	Buona	Buona	Mediocre
Durata dell'opera	Variabile	Discreta	Discreta	Buona	Discreta	Discreta	Ottima
Sopraelevabilità	Mediocre	Discreta	Ottima	Buona	Discreta	Buona	Mediocre
Impatto ambientale	Ottimo	Buono	Buono	Discreto	Mediocre	Discreto	Mediocre
Possibilità di manutenzione con un minimo di interventi ordinari	Buona	Buona	Mediocre	Discreta	Buona	Buona	Ottima

### 4.2.3 Sistemazione dei corsi d'acqua torrentizi

Già Valentini (1893) poneva il problema di differenziare gli interventi a seconda delle caratteristiche del torrente. La classificazione di questi corsi d'acqua ha impegnato ancora in tempi recenti i teorici delle SIF in quanto dev'essere il torrente a dire che tipo di sistemazione vuole (Puglisi, 2005). Sull'impiego di tipologie d'IN, quindi, oltre agli esempi mostrati nei §§ precedenti, altri se ne potrebbero aggiungere, ma non ne sembra il caso dopo la consistente e diversificata documentazione prodotta.

#### 4.2.3.1 Integrazione delle sistemazioni idraulico-forestali con opere d'IN

I materiali da impiegare negli interventi di SIF debbono obbedire alla disposizione (luogo d'impiego) e funzione delle opere, senza farsi guidare da preconcetti o pregiudizi. Sulla integrazione, talora necessaria, di opere di SIF a medio impatto con opere a basso impatto ambientale, si cita un caso paradigmatico osservato in Baviera nel 1970, dove un corso d'acqua fu imbrigliato con manufatti in calcestruzzo per rinalzare una pendice in disfacimento mentre questa fu, nel contempo, stabilizzata con tecniche d'IN (figg. 43, 44).



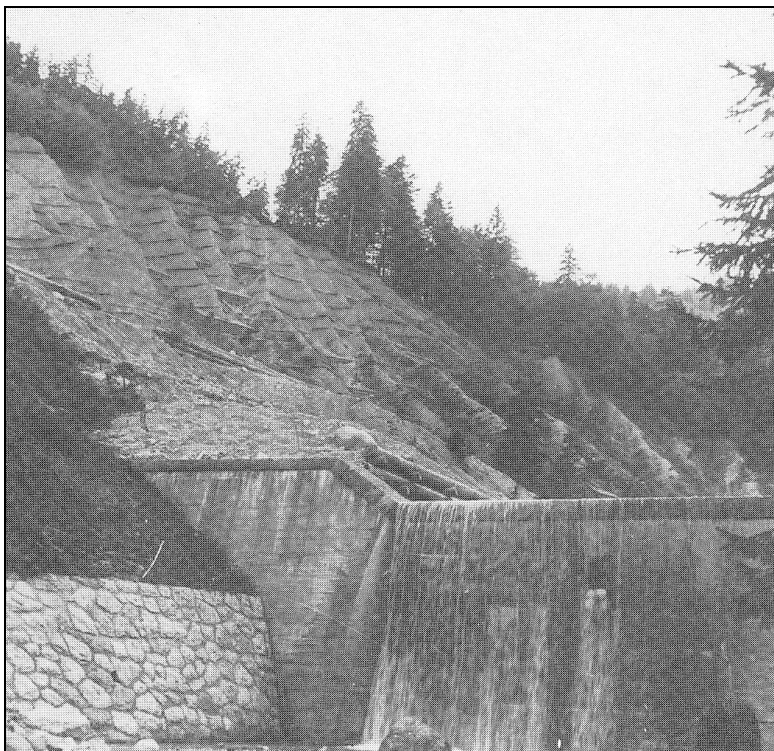


Fig. 43. Sistemazione della testata del torrente Weissgraben (Baviera) con briglia di base in muratura di getto alta 6 m, sulla cui colmata vi è in d.i. una palificata doppia spondale (foto Puglisi, 8 agosto 1970).



Fig.44. La palificata spondale costruita sulla colmata della briglia della figura 42, in d.i., dà sostegno alla sovrastante pendice, larga 100 metri, stabilizzata con una palificata intermedia, cordonate viventi, e briglie in pietrame e legname (foto Puglisi, 8 agosto 1970).

#### 4.2.3.2 *Completamento di vecchie sistemazioni idraulico-forestali*

In molte regioni d'Italia le sistemazioni realizzate in passato sono rimaste prive di manutenzione. In particolar modo questa circostanza si è verificata nel Mezzogiorno, dove la chiusura della Cassa per il Mezzogiorno e il passaggio delle competenze statali alle regioni, han lasciato molte opere in balia di nessuno o di enti locali sovente privi delle competenze necessarie. Tutto quello che aveva



raccomandato la Commissione De Marchi (1970) è stato disatteso. Uno di questi casi, riguardante il Fiumicello di Celle di San Vito (FG), è stato studiato dallo scrivente con alcuni colleghi che hanno ripreso le vecchie sistemazioni e le hanno completate con tecniche d'IN (fig, 45).



fig.45. Completamento con tecniche d'IN della sistemazione idraulico-forestale del torrente Fiumicello, sotto l'abitato di Celle di San Vito (FG), risalente all'attività del Corpo Forestale dello Stato con fondi della Cassa per il Mezzogiorno.

#### **4.2.4 Opere sussidiarie: strade di servizio e viali tagliafuoco**

Come anticipato nella nota 5, le SIF classiche venivano distinte in tre categorie di opere:

- intensive , le opere costruttive in alveo
- estensive, quelle di natura biologica sui versanti
- sussidiarie, quelle complementari alle precedenti, ovvero recinzioni (chiudende, cancelli e scalandrini), viali tagliafuoco e strade di servizio.

In ciascuna di queste categorie, come più volte ripetuto, sono stati impiegati manufatti a basso impatto ambientale. Nelle figure 46, 47 si mostrano alcune tipologie in uso per le scarpate delle strade di servizio, desunte dai Quaderni dell'Ispettorato Regionale delle Foreste per l'Emilia-Romagna (Carullo, 1961).

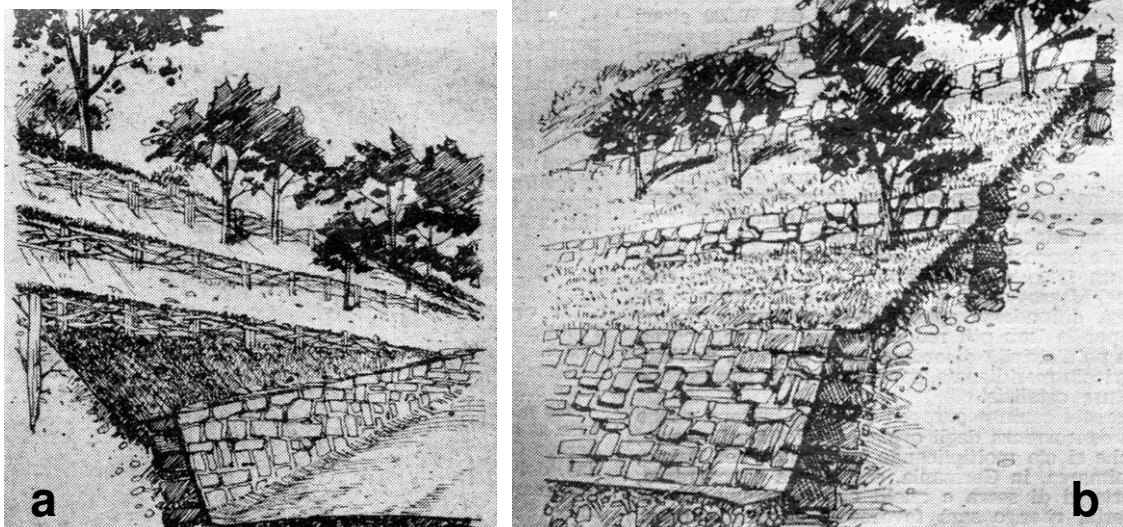


Fig. 46 Assonometria di progetto di sistemazione di scarpate di strade di servizio forestali. In **a** con muro di controripa e graticciate; in **b** con muri a secco (da Carullo, 1959)

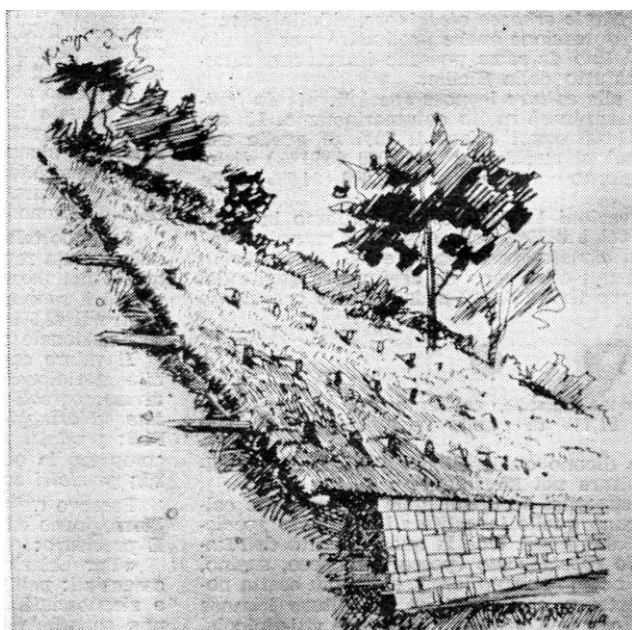


Fig. 47. Assonometria di progetto di sistemazione di scarpata di strada di servizio mediante paletti infissi orizzontalmente e rivestimento vegetale (da Carullo, 1959)

Per i viali tagliafuoco si pone un particolare problema. Essendo essi talora disposti a rittochino, possono avere pendenze tali da provocare solchi erosivi nel loro corpo. In tali casi è opportuno incassarvi trasversalmente, con inclinazione di  $30^\circ$  rispetto all'orizzontale, rotaie di tram o profilati a U di pari apertura (ad evitare che vi si incastrino materiali grossolani), che recapitano in una cunetta laterale selciata le acque raccolte e nello stesso tempo impediscono l'affermarsi degli eventuali processi erosivi.

Nelle strade di servizio, invece, tali dispositivi possono farsi con assicelle di legno disposte ad U.

### 4.3 Conclusioni

Da quanto precede si evince che la dicotomia tra SIF e IN nel settore della difesa del suolo è solo apparente. I sistematori non hanno mai abbandonato le tipologie a basso impatto ambientale, che



oggi vanno sotto il nome d'IN (figg. 48, 49), usandole accanto a quelle *hard* dove queste ultime erano imposte dalla funzione loro assegnata.

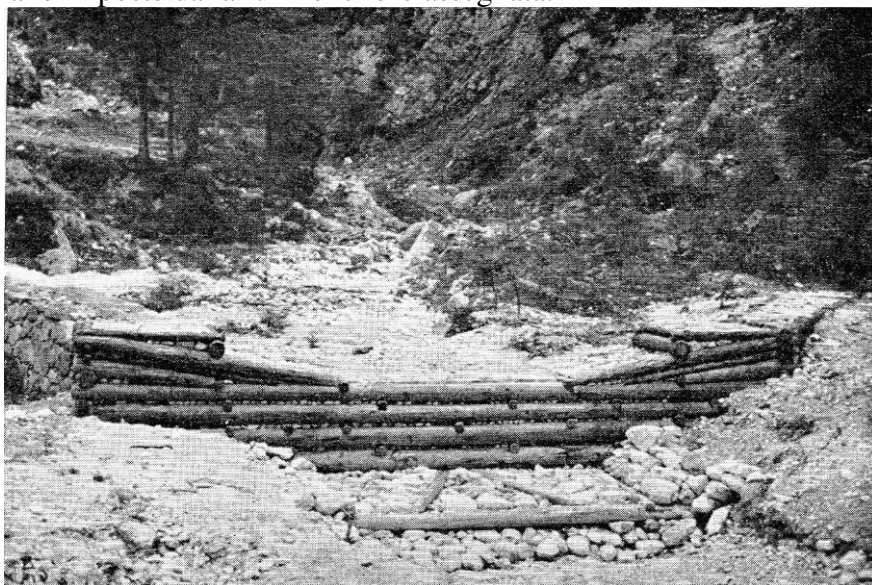


Fig. 48 Briglia mista in legname e pietrame nella foresta demaniale di Tarvisio (da Giordano, 1964)

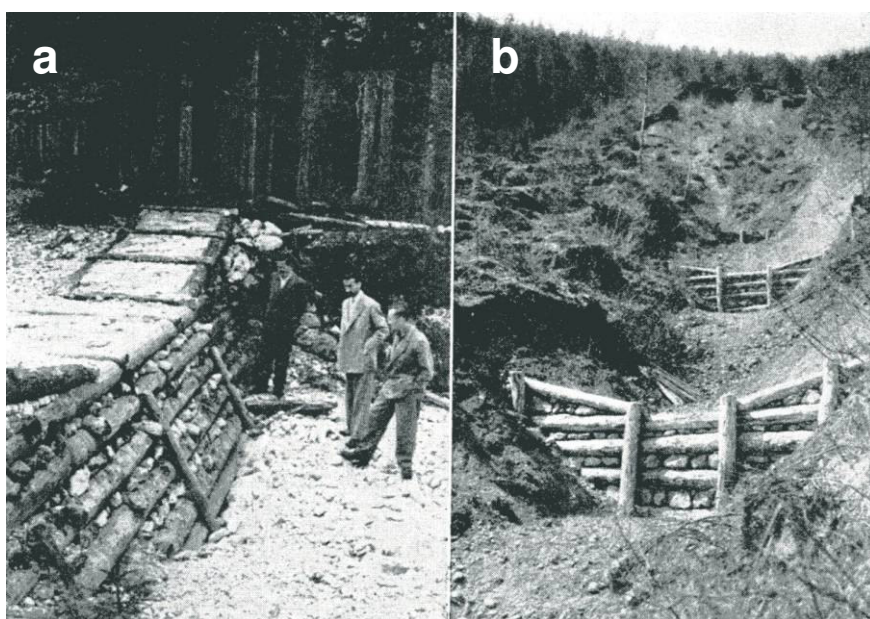


Fig.49 Briglie miste in legname e pietrame, in **a** nella foresta demaniale di Tarvisio, in **b** per la correzione di burroni franosi (da Giordano, 1964)

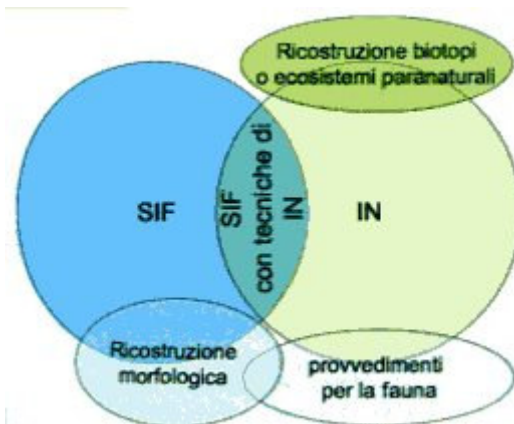
Questa continuità d'impiego fu dimostrata in una indagine del Corpo Forestale dello Stato sulle opere di sistemazione idraulico-forestale eseguite in bacini campione delle Regioni a statuto ordinario tra il 1952 e il 1977 (tabella 3).



Tabella 3 (da Corpo Forestale dello Stato, s.d.)

Regione	Bacini campione		Aste torrentizie			Opere intensive	
	n <sup>ro</sup>	ha	n <sup>ro</sup>	km	n <sup>ro</sup>	Calcestruzzo (%)	Legname e pietrame (%)
Piemonte	5	46.588	25	366	879	44	56
Lombardia	7	21.095	59	325	709	39	61
Veneto	5	39.920	78	169	1.057	43	57
Liguria	4	31.134	142	419	376	54	46
Emilia-Romagna	7	31.575	168	909	922	22	78
Marche	4	55.415	71	503	379	30	70
Toscana	9	79.272	125	745	1.046	76	24
Umbria	2	12.550	11	111	117	41	59
Lazio	5	157.520	56	173	726	22	78
Abruzzo	3	136.304	67	202	1.389	38	62
Molise	2	6.200	6	56	180	37	63
Campania	5	40.417	46	594	342	51	49
Basilicata	2	4.900	39	86	389	40	60
Puglia	3	68.600	22	871	260	16	84
Calabria	3	12.863	77	319	1.463	43	57

L'IN, da questi inizi, come sopra illustrati, ha però poi sviluppato altre applicazioni in importanti settori della tutela ambientale, per cui il rapporto tra SIF e IN si può compendiare come nel diagramma sottostante (da Bischetti et al., 2008).



### Bibliografia citata nel testo

- Andreocci A., 1929, *Sopra alcuni tipi speciali di difese fluviali adottate dal Magistrato alle acque in Val Passirio*, Annali dei Lavori Pubblici, LXVII, Roma.
- Baloiu V., 1967, *Combaterea eroziunii solului si regularizarea cursurilor de apa*, Editura didactica si pedagogică, Bucuresti.
- Benini G., 1968, *Sviluppi antichi e moderni delle sistemazioni idraulico-forestali*, L'Agricoltura delle Venezie, XXII : 5, Venezia.
- Berghem L., 2005, *Spunti per una storia dell'Ingegneria Naturalistica in Friuli Venezia Giulia*, APAT, La rinaturalizzazione e il risanamento dell'ambiente per la conservazione della biodiversità, Rapporto 63, Roma.
- Bettoni C., 1782, *Pensieri sul governo dei fiumi*, Brescia.
- Binder R., 1969, *Zahrádzanie bystrín a lavín*, Bratislava.
- Bischetti G., D'Agostino V., Ferro V., Gentile F. & Preti F., 2008, *Tecniche d'ingegneria naturalistica e sistemazioni idraulico-forestali*, Quaderni di Idronomia Montana n.28/3, Ed. Nuova Bios, Cosenza.

- Carrara A., D'Elia B. & Semenza E., 1985, *Classificazione e nomenclatura dei fenomeni franosi*, Geol. Appl. e Idrogeol. vol. XX parte II.
- Carullo F., 1952, *Studio tecnico-economico di sistemazione montana. Bacino del torrente Brasimone*, Isp.to Reg.le delle Foreste Emilia e Romagna, Quaderno IV, Bologna.
- Carullo F., 1959, *Un maggior impiego di mano d'opera con la difesa delle scarpate stradali e delle sponde dei corsi d'acqua*, "Mondo Agricolo" n.8.
- Ciccacci S., Fredi P., Lupia Palmieri E. & Pugliese F., 1981, *Contributo dell'analisi geomorfica quantitativa alla valutazione dell'entità dell'erosione nei bacini fluviali*, Soc. Geologica Italiana, Roma.
- Comm.ne Provinciale pel regolamento delle acque in Tirolo, 1892, *Memoriale dei lavori tecnico-edili eseguiti a motivo della inondazione dell'anno 1882*, Innsbruck, pp. 44 e tav. 26.
- Corpo Forestale dello Stato, s.d., *Indagine sulle opere di sistemazione idraulico-forestale*, Fondazione Sir Walter Becker, Roma.
- De Horatiis M., 1930, *Istituzioni di Idronomia Montana*, Tip. Mariano Ricci, Firenze.
- De Marchi G., 1972, *Relazione conclusiva. Premesse di carattere generale*, Comm.ne Interminist.le per lo studio della sistemazione idraulica e della difesa del suolo, Atti della Commissione, vol. I, Roma.
- Di Tella G., 1912, *Il bosco contro il torrente. La redenzione delle terre povere*, T.C.I., Milano.
- FAO, 1980, *Techniques hydrologiques de conservation des terres et des eaux en montagne*, Roma.
- Gentile F., Puglisi S. & Trisorio Liuzzi G., 1996, *Il controllo dell'erosione gully*, Quaderni di Idronomia Montana n. 15, Bari.
- Giani G.P., *Caduta di massi. Analisi del moto ed opere di protezione*, Hevelius Edizioni, Benevento.
- Giordano G., 1964, *La moderna tecnica delle costruzioni in legno*, Hoepli, Milano.
- Guglielmini D., 1697, *Della natura de' fiumi. Trattato fisico-matematico*, Bologna.
- Katayama M., 1968, *Soil conservation in Japan*.
- Lacava P., 1914, *La Sistemazione Idraulica-Forestale dei monti Somma e Vesuvio dal 1° luglio 1906 al 30 giugno 1913*, Tip. Meridionale G.Turi, Napoli.
- Landeschi G.B., 1775, *Saggi di agricoltura di un parroco Sanminiatese*, Firenze.
- Malpaga L. & Mussi D., 2004, *La difesa dalle alluvioni nella Judicaria. Viaggio alla riscoperta delle opere di sistemazione idraulica e forestale nelle valli del Sarca e del Chiese*, Centro studi Judicaria, Tione di Trento.
- Mannozi-Torini L., 1942a, *La sistemazione biologica delle frane*, "La Rivista Forestale Italiana" n. 5, Roma.
- Mannozi-Torini L., 1942b, *Per una classificazione tecnica dei franamenti*, "La Rivista Forestale Italiana" n. 6, Roma.
- Merendi A., 1936, *La difesa vegetale*, Biblioteca della Bonifica Integrale: Le sistemazioni idraulico-forestali, parte II, Firenze.
- Patt H., Jüring P. & Kraus W., 1998, *Naturnaher Wasserbau*, Springer, Berlin.
- Piccioli F., 1887, *Sui rimboschimenti eseguiti in Francia*, Firenze.
- Piccioli F., 1905, *Boschi e torrenti*, Casa Editrice Nazionale Roux e Viarengo, Roma-Torino.
- Puglisi S., 1963, *Esperienze ed orientamenti di tecnica delle sistemazioni calanchive*, Direz. Gen. Econ. Montana e Foreste, Collana Verde n.9, Roma.
- Puglisi S., 1968, *Le sistemazioni idraulico-forestali*, in "La montagna tra povertà e sviluppo", n.ro speciale de La Bonifica, XXII: 11-12, Roma.
- Puglisi S., 1982, *Quelques aspects de la R.T.M. en Basilicate*, Revue Forestière Française, XXXIV:5, Nancy.
- Puglisi S., 1986, *Appunti di morfometria*, Univ. di Padova: Atti del XXIII Corso di cultura in Ecologia (S. Vito di Cadore), Padova.
- Puglisi S., 2002a, *Nuovi temi sistematori*, Quaderni di Idronomia Montana n. 18, Editoriale Bios, Cosenza.

Puglisi S., 2002b, *Dal consolidamento alla rinaturazione dei versanti*, Acc. Naz. Lincei, “Il dissesto idrogeologico: inventario e prospettive (Roma, 5 giugno 2001)”, Roma.

Puglisi S., 2003a, *Attualità delle sistemazioni idraulico-forestali in un mondo che cambia*, Annali Acc. It. Sc. For., vol.LII, Firenze.

Puglisi S., 2003b, *L'origine delle sistemazioni idraulico-forestali in Italia. La Scuola di Vallombrosa*, Atti del convegno “Prima che l’acqua giunga al piano. L’azione dei forestali per il governo dell’acqua in montagna”, Fondazione S.Giovanni Gualberto. Osservatorio Foreste e Ambiente, I Quaderni n. 1, Ediz. Vallombrosa.

Puglisi S. (a cura di), 2004, *Progettazione di aree verdi e ingegneria naturalistica in ambiente mediterraneo*, Ed. Nuova Bios, Cosenza.

Puglisi S., 2005, *Autobiografia di un’idea*, Quaderni di Idronomia Montana n. 22, Editoriale Bios, Cosenza.

Puglisi S., 2006, *Le Sistemazioni idraulico-forestali: dalla correzione dei torrenti alla ricostruzione morfologica degli alvei*, Quaderni di Idronomia Montana n.25, Ed. Nuova Bios, Cosenza.

Puglisi S., 2008, *Appunti in margine alla riunione sulle sistemazioni idraulico-forestali e l’ingegneria naturalistica*, Quaderni di Idronomia Montana n.28/3, Ed. Nuova Bios, Cosenza.

Puglisi S., 2010, *Esempi di sistemazioni idraulico-forestali che confermano la validità di alcune regole antiche*, Atti del XIII Congresso Naz.le dei Dott. Agronomi e dei Dott. Forestali, Reggio Emilia.

Puglisi S. & Trisorio Liuzzi G., 1990, *Le opere di sistemazione idraulico-forestale nel rispetto dei valori ambientali*, Min. Ambiente & Acc. Ital. Sc. For., “Ambientare lo Sviluppo - Sviluppare l’Ambiente”, Seminario Internazionale “I problemi della difesa del suolo in Italia”. Parte II “Il bosco e la conservazione del suolo”, Roma.

Puglisi S., Arciuli E. & Milillo F., 1991, *Il ruolo primario delle sistemazioni idraulico-forestali nella difesa di Bari dalle inondazioni*, Monti e Boschi, a.XLII n.1, Bologna.

Rizzani G. B., 1900, *Opere economiche di difesa lungo i torrenti*, Giornale del Genio Civile.

Sabbatini L., 1922, *La sistemazione dei terreni di montagna in rapporto alla legislazione forestale*, Ist. Sup. For. Naz. , “Atti del 1° Convegno tecnico-forestale italiano (Firenze 20-21 giugno 1921)”, Tip. Vallecchi, Firenze.

Serrazanetti G., 1898, *Cenni monografici sulla difesa dei fiumi, torrenti, canali*, Tip. Zamorani e Albertazzi, Bologna.

Silletti G., 2006, *Danni alluvionali in Puglia: non dimentichiamoci della difesa del suolo*, Silvae, a.II n.5, Roma.

Torelli L., 1874, *Traverse, briglie o serre*, Tip. Grimaldi, Venezia.

Tornani I., Sanjust di Teulada E., Pasini P. & D’Urso F., 1895, *Sulla correzione dei torrenti nella Svizzera, nella Francia e nella Carinzia*, Giornale del Genio Civile, ristampa anastatica, Biblioteca di Idronomia vol. 1, a cura di Salvatore Puglisi, ed. Bios, Cosenza, 2007.

Trisorio Liuzzi G., 1981, *Studio sulla sistemazione idraulico-forestale di un tronco franoso del T.Mennonia nel bacino del fiume Alento (Cilento)*, Annali Acc.It.Sc.For., vol. XXX, Firenze.

Valente G., 1905, *Il torrente Picone ed il Piano Regolatore della città di Bari*, Rassegna Tecnica Pugliese, vol.IV, Bari.

Valentini C.,1893, *Sulla sistemazione dei torrenti*, Giornale del Genio Civile, ristampa anastatica, Biblioteca di Idronomia vol.2, a cura di Vito Ferro, ed. Bios, Cosenza, 2009.

Valentini C., 1912, *Sistemazione dei torrenti e dei bacini montani*, Hoepli, Milano.

Viappiani A., 1919, *L'idraulica fluviale pratica con esempi*, Hoepli, Milano.

Viviani V.,1688 *Discorso intorno al difendersi da’ riempimenti e dalle corrosioni de’ fiumi applicato ad Arno in vicinanza della città di Firenze*, in Letteratura Italiana. Storia e Testi. Scienziati del seicento, tomo II, Riccardo Ricciardi Editore, Milano-Napoli.

Wang F., 1903, *Grundriss der Wildbachverbauung*, Leipzig.

Zanotti A., 1969, *Rassegna critica dei mezzi di difesa fluviale*, Ist. Costruz. Idraul., Facoltà di Ingegneria, Bologna.



## 5 INTERVENTI CON TECNICHE DI INGEGNERIA NATURALISTICA SUI VERSANTI (Giuliano Sauli)

### 5.1 Premesse

Vengono presi in considerazione gli interventi sui versanti franosi per constatare che negli ultimi decenni si sono ampiamente diffuse le tecniche a basso impatto ambientale rispetto a quelle cementizie (vedi anche Tab. 3 del capitolo precedente). In tutte le regioni dell'Italia centro – nord vengono ormai di regola impiegati tecniche e materiali naturali quali in particolare il legname e il pietrame.

Spesso vengono realizzate sistemazioni con palificate, grate, mantellate, biostuoie, ecc. abbinate a idrosemine, quasi sempre però senza uso combinato di specie arbustive (vedi foto seguente).

Nelle palificate doppie ad esempio si privilegia il riempimento delle nicchie tra i tronchi con pietrame, piuttosto che utilizzare le talee di salice come funzione antierosiva e stabilizzante. Le grate vengono realizzate come mantellate (tronchi verticali e orizzontali sullo stesso piano) e non come grate vive (tronchi orizzontali esterni a diminuire le scarpatine di ogni nicchia sorrette da gradonate di salice).

Vengono in conclusione utilizzate tecniche a basso impatto ambientale, assolutamente valide dal punto di vista funzionale, ma non corrispondenti ai metodi dell'Ingegneria naturalistica, in cui l'abbinamento delle strutture con le piante vive crea il fondamentale presupposto della sostituzione nel tempo dell'azione delle piante a quella meccanica del legname destinato a sicuro deperimento nel tempo.



Foto 34 Esempio di interventi su versanti con tecniche a basso impatto (mantellate, biostuoie e palificate con pietrame e legname), ma senza abbinamento con specie arbustive (Loc. Fleons –UD Foto Gollino 2009)



Foto 35 Sistemazione di versante franoso e sponda torrente con tecniche miste: scogliera, mantellate e gradonate vive. Alta Val Uque (Valcanale – UD) – Foto G. Sauli 5.6.2011



Foto 36 Sistemazione di versante franoso con palificata di corona e reti di juta e metallica, con telo impermeabile che risvolta sotto il tubo dreno e protegge il colmo del versante dall'infiltrazione delle acque meteoriche (Revignano d'Asti sin. idrografica T. Borbore – foto V. Fiore)



Foto 37 Palificata in legname e pietrame a sostegno di versante franoso a valle di pista forestale (foto G. Sauli)



Foto 38 Sostegno di pista forestale su versante franoso a valle con terra rinforzata verde e a monte con palificata in legname e pietrame (foto G. Sauli)



Foto 39 e Foto 40 Briglie in legname e pietrame analoghe strutture realizzate senza e con inserimento di talee di salice.





Foto 41 Vecchie palificate in legname e pietrame in disfacimento (Valcanale UD – Foto G. Sauli)



Foto 42 Particolare vecchie palificate in legname e pietrame in disfacimento (Valcanale UD – Foto G. Sauli)



Foto 43 Palizzata morta di contenimento di scarpata (Irpinia –Foto G. Sauli 2010)

## 5.2 Casistica interventi su versanti

### 5.2.1 Sistemazione di versante con palificate, gradonate vive e messa a dimora di arbusti autoctoni a seguito di intervento di posa di metanodotto

Ottima riuscita di una sistemazione di versante secondo i principi e metodi dell'ingegneria naturalistica con palificate, gradonate vive e messa a dimora di arbusti autoctoni a seguito di intervento di posa di metanodotto Snamretegas.



Foto 44 Moggio udinese loc. Chiaranda (UD) (fot G. Sauli 2009)



### 5.2.2 Interventi stabilizzanti e di consolidamento di IN abbinati a briglia filtrante in calcestruzzo

Interventi stabilizzanti e di consolidamento di IN abbinati a briglia filtrante in cls (Rio Anonimo, S.S. 13 Pontebbana – Loc. Ugovizza - UD)

Il rio da sempre soggetto a fenomeni di trasporto di ghiaie fu sistemato nel 2000 per garantire un sicuro accesso d'emergenza dalla SS 13 alla nuova ferrovia pontebbana. Furono eseguiti i seguenti interventi:

- Briglie in legname e pietrame nel tratto medio - basso;
- Briglia filtrante in calcestruzzo alla base con funzione di vasca di sedimentazione del trasporto solido. La parte muraria fu rivestita esternamente con una terra rinforzata verde con funzioni principalmente paesaggistiche;
- Rivestimento vegetativo in rete metallica e stuoia organica con messa a dimora di talee di salici arbustivi delle sponde – versanti soggetti anch'essi ad erosione.

Il collaudo del sistema avvenne con l'alluvione del 29 agosto 2003, quando a seguito di forti piogge concentrate in poche ore si verificarono importanti fenomeni di debris flow (che nella parallela valle del T. Uque ebbe effetti catastrofici sul paese di Ugovizza). Si ebbe una completa tenuta ed anche il dimensionamento della vasca di sedimentazione risultò adeguato. A distanza di 8 anni sono ottimali sia le risultanze funzionali che quelle naturalistiche e paesaggistiche.

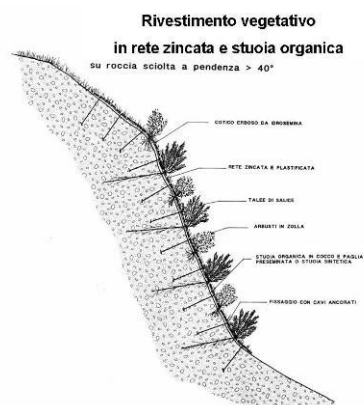


Foto 45 Situazione ante operam (settembre 1998)

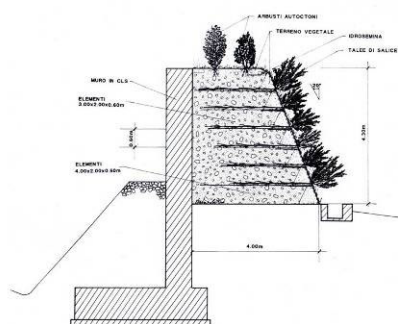




Foto 46



Foto 47 Situazione post operam (agosto 2002)



Foto 48 Situazione post alluvione 2003 con forte fenomeno di debris flow



Foto 49 Situazione maggio 2011

### ***5.2.3 Ricostruzione di morfologia naturale e consolidamento sponde con palificate, copertura diffusa, materassi verdi, terre rinforzate verdi***

Viene presentato il caso del F. Fella in corrispondenza della nuova stazione di Valbruna (Valcanale UD), come esempio di ottimale riuscita di interventi di demolizione di sezione cementata e rinaturazione e ricostruzione morfologica con tecniche di IN (terre rinforzate verdi spondali, palificate vive doppie, materassi verdi, copertura diffusa, repellente vivo, scogliera rinverdita e scogliera in massi legati). La sequenza delle immagini dimostra la totale riuscita sia in termini funzionali (collaudo idraulico alluvione 2003) che naturalistici (oltre 200 specie reinsediatesi, tra cui alcune specie endemiche).



Foto 50 1998



Foto 51 2001





Foto 52 2007



Foto 53 Maggio 2011



Foto 54 2011



Foto 55 2011



Foto 56 Maggio 2011



Foto 57 2011



Foto 58 2011



#### **5.2.4 Esempio di buona riuscita nella sistemazione spondale di un torrente montano soggetto a periodiche alluvioni e con forte trasporto solido. Scogliera con talee di salici e gradonate vive**

Viene presentata, quale esempio di buona riuscita, la sequenza negli anni di un intervento di sistemazione spondale di un torrente montano (Rio Bianco S. Caterina Val Canale – UD) soggetto a periodiche alluvioni e con forte trasporto solido. Tecniche utilizzate: Scogliera con talee di salici e gradonate vive (muretto basale cls preesistente) (sequenza foto G. Sauli).



Foto 59 Ante operam 1997



Foto 60 Durante i lavori 1999



Foto 61 Post operam maggio 2001

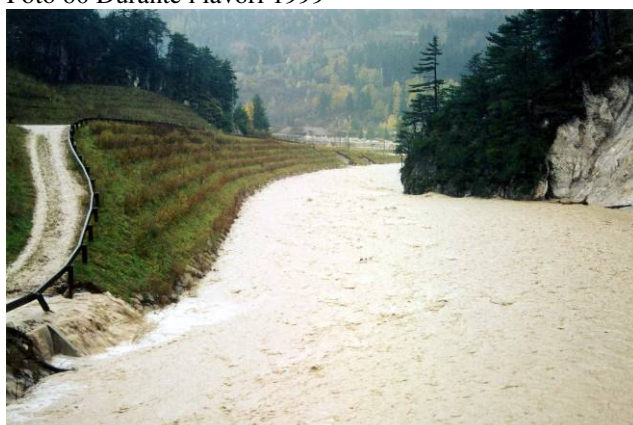


Foto 62 Durante una piena (novembre 2003)



Foto 63 Post operam agosto 2006



Foto 64 Post operam maggio 2011



### **Idem particolare di Gradonata viva su rilevato**



Foto 65 Durante i lavori (2000)



Foto 66 Post operam 2002



Foto 67 Post operam 2006



Foto 68 Post operam maggio 2011 (crescita di altri arbusti tra le file di gradonate)



Foto 69 Post operam 2011 Alcune fallanze di sviluppo dei salici si sono verificate probabilmente a causa dell'eccesso di terra vegetale riportata, substrato non gradito dai salici pionieri (*S. eleagnos*, *S. purpurea*)

### **Idem particolare della scogliera**



Foto 70 Cedimenti localizzati della scogliera a seguito dell'alluvione catastrofica del 29 agosto 2003



Foto 71 Post interventi di ripristino agosto 2006





Foto 72 Situazione a maggio 2011 – mancato reimpianto dei salici



Foto 73

Le talee di salice non furono inserire nella scogliera in profondità durante la posa dei massi, ma a posteriori con inserimento superficiale nelle fughe dei massi stessi. A distanza di 10 anni lo sviluppo dei salici è avvenuto solo nella parte superiore delle scogliere. Le talee messe a dimora nelle fughe tra i massi non si sono sviluppate.

### 5.2.5 Sistemazione di versante di neoformazione a gradonate vive

Viene riportato un ottimo esempio di intervento stabilizzante su versante di neoformazione (discarica di smarino di una galleria di un metanodotto in zona alpina – Val di Gleris UD) con cordunate vive. L'uso di un non tessuto sotto le talee di salice per evitare l'infiltrazione di materiali limosi riportati, è risultato non necessario, date le caratteristiche di pionierismo delle specie di salice utilizzate (in particolare *Salix purpurea*).



Foto 74



Foto 75



Foto 76



Foto 77





Foto 78



Foto 79



Foto 80



Foto 81

### **5.2.6 Versanti con diverse tipologie di intervento con tecniche di I. N. Ponte ad Arco, Tarvisio (UD)**

Si riportano le risultanze a distanza di quasi 15 anni di alcune sistemazioni con tecniche di ingegneria naturalistica di un versante montano destabilizzato durante i lavori di costruzione del cosiddetto Ponte ad arco della nuova ferrovia Pontebbana (Tarvisio – UD). Sono state realizzate con successo: gradonate vive, palificate, grate vive. Materassi verdi e rivestimenti in rete e stuoie. Sulla sponda del T. Slizza è visibile una scogliera rinverdita con massi legati.

**Ante operam: versante lato Austria (1997)**

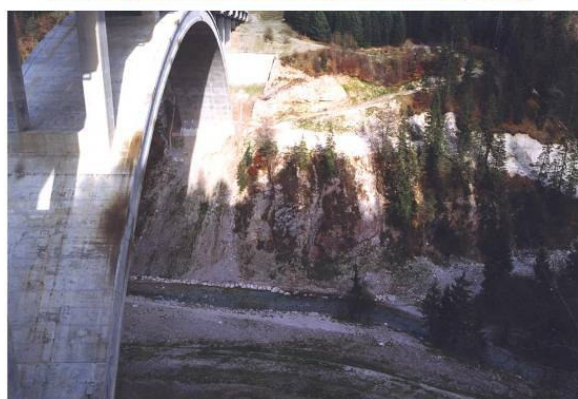


Foto 82 Ante operam: versante lato Austria

**Situazione post operam (nov. 2000)**



Foto 83



#### Situazione post operam (Ago. 2002)



Foto 84



Foto 85 Situazione post operam (maggio 2011)

#### **5.2.7 Consolidamento di versante in palificata viva con pietrame e legname e massi da scogliera**

Si riporta un esempio di ottima riuscita di un consolidamento di versante in zona montana (alta Val Uque –UD) con base in scogliera verde sormontata da una palificata viva doppia.



Foto 86 Alta Val Uque (Valcanale UD). Foto G. Sauli 2010



Foto 87 Idem giugno 2011

#### **5.2.8 Scadente riuscita in una sistemazione di versante franoso su ghiaie detritiche con gradonate vive, materassini in fibra organica e briglie ad ombrello**

Scadente riuscita in una sistemazione di versante franoso su ghiaie detritiche con gradonate vive, materassini in fibra organica e briglie ad ombrello a seguito dell'alluvione del 2003 (Val Canale loc. Cucco UD 2007 )

Viene presentato un caso di sistemazione di versante detritico in frana a seguito degli eventi alluvionali del 2003 con notevoli fenomeni di trasporto solido di ghiaie calcareo – dolomitiche di pezzatura medio-piccola.



Fu realizzata (2005 - 2006) una sistemazione a gradonate vive (foto 88-89) con copertura in materassino organico inerbito tra una fila e l'altra. Nella zona di impluvio furono realizzate briglie con la tecnica delle briglie a ombrello (foto 90).

L'intervento riuscito dal punto di vista morfologico, è risultato ad una prima verifica (2007) invece quasi completamente fallito dal punto di vista dello sviluppo del verde e ciò per i seguenti motivi:

- insufficiente copertura delle ramaglie di salice (foto 91);
- uso inappropriato del materassino in fibra di cocco che esalta il drenaggio in una situazione di già elevato drenaggio del substrato ghiaioso;
- maglia troppo densa delle reticelle sintetiche di supporto del materassino (foto 92);
- effetto quindi pacciamante del materassino stesso con impedimento allo sviluppo delle piante (foto 93) e delle semine;
- stagione sbagliata (estiva) di buona parte della raccolta e messa a dimora delle talee (foto 94);
- alla base del versante furono realizzate palificate in legname e pietrame (foto 95) e messa a dimora di arbusti ed alberi



Foto 88



Foto 89



Foto 90



Foto 91





Foto 92



Foto 93



Foto 94



Foto 95



Foto 96



Foto 97

### Verifica delle risultanze dell'intervento al maggio 2011

A distanza di 4 anni dalla prima verifica è stato effettuato un monitoraggio che ha confermato le precedenti risultanze negative:

- effetto di tenuta solo meccanica delle gradonate (Foto 98);
- fallimento della crescita delle talee e delle semine (Foto 99, 100);
- permanenza in sito delle sole reticelle sintetiche e sparizione della fibra di cocco (Foto 100, 101);
- crescita limitata alla prima fila delle talee nelle palificate per eccesso di pietrame a tergo (Foto 102);
- buona riuscita degli arbusti ed alberi (quasi tutti vivi Foto 103, 104) che andrebbero però liberati dalle reticelle antifauna per evitare soffocamento e lesioni (Foto 105).





Foto 98



Foto 99



Foto 100



Foto 101



Foto 102



Foto 103





Foto 104



Foto 105

### 5.2.9 Valli paramassi con briglie ad ombrello doppie rinverdate con talee di salici

Si riporta il caso di efficace impiego di briglie ad ombrello doppie utilizzate come vallo paramassi al piede i versanti franosi. La struttura è coniugabile con messa a dimora di ramaglia di salice.



Foto 106 Valli paramassi con briglie ad ombrello doppie rinverdate con talee di salici (Foto G. Sauli maggio 2011)



Foto 107 Buon sviluppo delle talee poste nella ghiaia di riempimento durante la costruzione (foto G. Sauli maggio 2011)



Foto 108 Struttura muraria in cls in una vasca di laminazione alla base di un impluvio. Il rampicante su calcestruzzo non corrisponde in nessun modo alle definizioni e finalità dell'ingegneria naturalistica (foto G. Sauli 2011)



### 5.3 Problematiche di impiego di tecniche vive in ambiente mediterraneo

Va tenuto conto del principio generale (in verbis Schiechtl) secondo il quale minore è la velocità di crescita delle piante (ad esempio per problemi di aridità) maggiore deve essere la durata dei materiali di supporto nelle tecniche combinate (ad esempio utilizzo di strutture in rete metallica al posto dei tronchi quando si è nell'impossibilità di utilizzare piante a rapido accrescimento e riproduzione per talea legnosa quali i salici).

Alcune tecniche stabilizzanti di uso comune nelle zone montane, in particolare la fascinata viva e la viminata viva sono di difficile impiego nella realtà mediterranea, per problemi di coerenza ecologica delle specie legati alla aridità estiva che rendono impossibile l'uso della ramaglia viva di salice.

Nel caso di indisponibilità o assenza di coerenza ecologica per l'impiego di ramaglia di altre specie con capacità di riproduzione vegetativa, quale, ad esempio la tamerice, resta comunque valido il principio della stabilizzazione del substrato indotto dalle equivalenti opere in ramaglia morta (viminata, fascinata palizzata) cercando comunque di inserire all'interno delle strutture o a tergo arbusti vivi autoctoni.

Ove l'impiego abbinato di arbusti autoctoni non fosse possibile per motivi economici si è visto che nelle situazioni favorevoli la stabilizzazione del substrato attraverso l'impiego di palizzate, fascinate o viminate morte con l'arresto dei fenomeni erosivi, ha consentito la colonizzazione spontanea del sito secondo il dinamismo della vegetazione (vedi caso delle aree incendiate di Pizzoli foto di seguito).



Foto 109 Pizzoli (AQ) 2002 foto Sacchetti. Sistemazione con palizzate morte



Foto 111 Pizzoli (AQ) 2002 foto Sacchetti. Particolare sistemazione con palizzate morte



Foto 110 Pizzoli (AQ) 2006 foto Sacchetti. Colonizzazione spontanea arbusti autoctoni dopo 4 anni



Foto 112 Pizzoli (AQ) 2010 foto Cornellini. Evoluzione spontanea dopo 8 anni



Foto 113 Palificata morta con evidenti cedimenti, Teramo  
- Foto Crocetti



Foto 114 Viminata morta Cagliari,- Foto P. Cornellini

#### 5.4 Regole per buone pratiche per interventi su versanti

Vengono di seguito riassunte alcune regole di intervento con tecniche di IN sui versanti. Alcune indicazioni si ripetono dal capitolo delle tecniche:

- evitare l'uso di soli materiali morti e il mancato abbinamento con materiale vivo;
- riconoscere i limiti di impiego delle tecniche di IN rispetto alla necessità di adottare tecniche tradizionali;
- utilizzare ove possibile tecniche elastiche (es. massi legati abbinati con talee di salice) al posto di tecniche rigide destinate a dislocarsi nel medio periodo (scogliere cementate);
- inserire le talee in profondità durante la costruzione (palificate, gabbionate, scogliere) e non dopo (insufficiente inserimento);
- potare le talee a 10 – 15 cm, talee eccessivamente sporgenti sono destinate a disseccarsi;
- valutare l'efficacia degli interventi stabilizzanti vivi sui versanti franosi secondo il principio che tanti gradoncini in successione (gradonate, cordonate, viminate, fascinate con disposizione a file) sono più efficaci di gradonature più grandi, consentono minori pendenze di scarpata, consentono l'innesco della successione della vegetazione, migliorano le condizioni dell'idraulica superficiale, rallentano il trasporto solido;
- evitare l'impiego di non tessuti a tergo delle strutture vive per non limitare lo sviluppo delle radici e non creare superfici di scivolamento dei corpi terrosi;
- realizzare efficaci inserimenti nel terreno delle ramaglie nelle gradonate e cordonate vive per garantire il massimo apporto idrico durante le condizioni di aridità estiva;
- evitare quindi l'insufficiente copertura che produce l'essiccamento e la morte dei salici stessi;
- evitare l'uso inappropriato di materassini in fibra di cocco che esaltano il drenaggio e l'effetto pacciamante;
- evitare stuoie e materassini in fibra organica supportati da reticelle a maglia troppo densa con impedimento allo sviluppo delle piante e delle semine;
- evitare gli interventi in stagioni sbagliate (estate, gelo);
- in caso di interventi in zone a forte aridità utilizzare strutture morte di trattenimento del suolo abbinate a messa a dimora di specie locali xeroresistenti.



## 6 INTERVENTI DI RINATURAZIONE E DI INGEGNERIA NATURALISTICA IN AMBITI COSTIERI DUNALI E LAGUNARI

### 6.1 Premesse

I metodi dell'ingegneria naturalistica sono applicabili alle sistemazioni in ambiti costieri sabbiosi con problemi di erosione. Valgono le classiche definizioni e principi base dell'IN che prevedono, come noto, l'impiego delle piante vive autoctone quale materiale da costruzione, in abbinamento con altri materiali. Nel caso delle dune naturalmente si parla di specie e tecniche particolari come di seguito descritte.

Interventi di stabilizzazione con impiego esclusivo di *Ammophila arenaria* furono eseguiti sin dagli anni '70 sulle coste del Mare del nord e atlantiche (Germania, Francia). Si riporta per memoria storica un intervento di stabilizzazione di sistemi dunali con messa a dimora a quadroni di piantine di *Ammophila arenaria* (dune sul Mare del Nord, Germania).



Foto 115 Stabilizzazione di dune sulle coste del mare del nord, con messa a dimora a quadroni di ammobila (foto Lux anni '70)

Come noto l'ammofila sviluppa una radicazione a media profondità nelle sabbie ed ha capacità di ricaccio anche se viene parzialmente sepolta dalle sabbie movimentate dal vento. Va rimarcato che il genotipo delle coste italiane è geneticamente diverso (diploide) da quello del nord Europa (tetraploide), anche se il fenotipo è apparentemente identico. Vi sono stati in passato (anni '80) **pericoli di contaminazione genetica** quando vennero contattati i produttori francesi della costa atlantica, allora gli unici a disporre di questa specie in grosse quantità, per alcuni interventi negli scanni delle coste venete (Duna del Cavallino). Fortunatamente sin da allora gli organi di controllo prescrissero prudenzialmente il prelievo sulle coste venete del materiale da propagazione necessario.

Si pone il problema della produzione vivaistica specializzata di specie autoctone per gli interventi nelle aree dunali che è stato oggetto negli anni '90 di una ricerca applicativa in Lazio (Pignatti, Menegoni Univ. La Sapienza di Roma).





Foto 116 Riproduzione di specie psammofile a vivaio in Lazio (Foto Sauli anni '90)



Foto 117 Riproduzione di specie psammofile a vivaio in Lazio (Foto Sauli anni '90)

## 6.2 Casistica di buone pratiche di interventi in ambiti costieri sabbiosi e lagunari

Nella realtà italiana e mediterranea in genere si possono distinguere due principali condizioni di intervento:

1. morfologie lagunari su suoli limosi in acque interne salmastre (barene e canali lagunari e perilagunari)
2. morfologie dunali e coste sabbiose in genere

Le due categorie morfologiche sono presenti su tutte le coste italiane, con una netta prevalenza delle regioni padano – veneta – friulana per quanto riguarda la seconda, e sono spesso abbinate, con il sistema di lagune chiuso verso mare dai cordoni dunali.

Le problematiche che richiedono interventi di sistemazione sono qui legate al complesso sistema di utilizzo e gestione sia degli ambiti lagunari salmastri che di quelli dunali costieri. Tali attività si possono riassumere in alcune più frequenti tipologie:

- ripascimento dei cordoni dunali in erosione a fini di balneazione e contemporanea difesa costiera;
- dragaggi di canali lagunari a fini di transito nautico e ricircolo delle acque in funzione delle acquaculture;

- conseguente necessità di collocare ingenti cubature di fanghi lagunari (previa loro caratterizzazione) e opportunità di ricostruzione di “barene” cioè isolotti a pelo d’acqua tipici delle morfologie lagunari veneto – friulane, ricchi di specie alofile e particolari habitat faunistici. Vanno invece evitate le “casce di colmata” più convenienti in termini di cubature ma che creano ambienti artificiali e banalizzati;
- consolidamento di sponde di canali lagunari e perilagunari in genere
- realizzazione di opere infrastrutturali e di condizionamento idraulico (tra tutte va citato il progetto Mose).

### 6.2.1 *Interventi di rivegetazione in Laguna di Grado e Marano (GO e UD)*

Si riportano le risultanze di un intervento di rivegetazione su barene di neoformazione date da fanghi lagunari di dragaggio con piante alofile, eseguito nel 1996 in laguna di Grado (GO) Loc. Barbana.

Il lavoro è consistito nella fresatura dei fanghi derivanti dal dragaggio mediante sorbona del canale di accesso all'Isola del Santuario di Barbana.



Foto 118 e Foto 119 Fanghi di dragaggio essiccati con vistose crepe, ante operam (Foto G. Sauli 1996)



Foto 120 I fanghi post fresatura con mezzo meccanico (Foto G. Sauli 1996)



Foto 121 Totale inefficacia dell'impiego di stuoie di juta quale antiersivo spondale (Foto G. Sauli 1996)





Foto 122 e Foto 123 Trapianto dal selvatico di esemplari di piante alofile da barene adiacenti (*Limonium*, *Puccinellia*, *Atriplex*, *Juncus*, *Salicornia*, ecc.) semina manuale a spaglio con miscela commerciale e messa a dimora di talee di tamerici (Foto G. Sauli 1996)

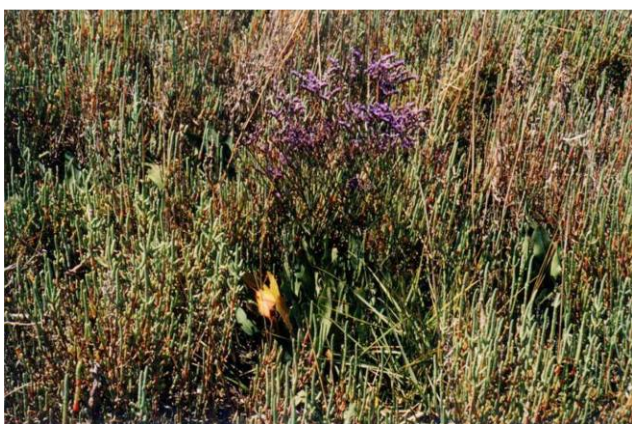


Foto 124 e Foto 125 A distanza di circa dieci anni dall'intervento si può constatare la totale rivegetazione dell'area con insediamento delle varie formazioni (Spartinetto, Salicornieto, Limonieto, Agropireto) a seconda del livello del mare (foto G. Sauli – 2006)



Foto 126 Panoramica d'insieme dopo 10 anni; sullo sfondo il caratteristico Santuario di Barbana (Foto G. Sauli 2006)



### 6.2.1.1 Laguna di Marano (GO)

Prove, scarsamente efficaci, di consolidamento in tronchi e tavole tirantati, con messa a dimora di tamerici per lo stoccaggio di fanghi di drenaggio di canali lagunari



Foto 127 e Foto 128 Prove, scarsamente efficaci, di consolidamento in tronchi e tavole tirantati, con messa a dimora di tamerici per lo stoccaggio di fanghi di drenaggio di canali lagunari (Laguna di Marano UD) (foto G. Sauli anni '80)



### 6.2.1.2 Laguna di Grado (GO)

Consolidamento spondale di un canale perilagunare con tronchi, rulli di cocco, geotessuti e fibre miste abbinati a fascine di tamerice. La tecnica del rullo in fibra di cocco, che in acque dolci viene normalmente impiegata come stabilizzante spondale, ha dato cattivi risultati in ambiente salmastro per la rapida decadenza della fibra di cocco stessa,



Foto 129 Consolidamento spondale di un canale perilagunare con tronchi, rulli di cocco, geotessuti e fibre miste abbinati a fascine di tamerice



Foto 130 lo stesso dopo un anno (fiume Natissa, Laguna di Grado GO) G. Sauli

### 6.2.1.3 Lagune del Po di Levante



Foto 131 Vista aerea dei cordoni dunali in forte erosione e lagune prima degli interventi di rivivificazione finalizzati alla miglior circolazione delle acque per le retrostanti valli da pesca mediante dragaggi – (Località La Vallona – Po di Levante RO)



Foto 132 e Foto 133 Ricostruzione di barene con fanghi di dragaggio; contenimento con pali e geotessuti (Località La Vallona – Po di Levante RO) (foto G. Sauli anni '80)



Foto 134 e Foto 135 Stabilizzazione di cordoni dunali mediante graticciate e trapianti di cespi di *Ammophila arenaria* e graticci con legno morto e vivo (*Salix alba*) (Località La Vallona – Po di Levante RO) (foto G. Sauli anni '80)



Foto 136 e Foto 137 Ricostruzione di isolotti con dragaggi a matrice sabbiosa con prove di messa a dimora di specie alofile (Laguna di Caleri Po di Levante RO) (foto G. Sauli anni '80)



### 6.2.2 Interventi dunali

Per quanto riguarda le dune (estratto da “Manuale Lazio 2” 2003 – Bovina et al.)

“Per la tutela e ripristino del sistema dunale vi è poi una possibile categoria di interventi sul sistema delle microinfrastrutture di fruizione e contemporanea creazione di trappole della sabbia come realizzato da tempo nel Parco del Circeo dove nell’arco temporale compreso tra gli anni 1995/1998, attraverso finanziamenti del Ministero dell’Ambiente e comunitari (strumenti Life Natura) oltre 14 Km di dune sono stati interessati da interventi di restauro e protezione. A seguito di rilievi ed analisi delle diverse forme di erosione agenti e delle loro interazioni critiche, sono stati progettati specifici interventi sperimentali (a carattere sia puntuale che diffuso) di controllo delle diverse forme di erosione e dissesto:

- ⇒ passerelle per l’accesso diretto alla spiaggia
- ⇒ recinzioni dissuasive, realizzate in legno ed associate a schermi frangivento
- ⇒ picchetti per l’interdizione del parcheggio delle auto sulla duna
- ⇒ capannini informativi sulla corretta fruizione dell’ambiente e sull’origine e finalità dell’azione di restauro e protezione
- ⇒ sistemazioni ed opere per la regimazione delle acque di ruscellamento
- ⇒ sistemi frangivento, di differente forma e dimensione, realizzati con molteplici materiali naturali (stuoie di canna, fascinate verticali, recinti porosi in legno, ecc.)
- ⇒ opere di contenimento e consolidamento delle sabbie che hanno utilizzato viminate associate a bioreti in fibra di cocco
- ⇒ barriere permeabili in legno con funzione di smorzamento del moto ondoso e frangivento “

Negli ultimi decenni si va alla ricerca di tipologie di interventi con sistemi non invasivi. Da anni ad esempio nelle lagune venete è vietato l’uso dei massi da scogliera, un tempo utilizzati ma con notevoli impatti indotti ambientali e paesaggistici. Sono stati sperimentati con alterne fortune nuovi materiali offerti dal mercato dei geosintetici.

Tra le varie tipologie risultano utilizzabili alcune tecniche di Ingegneria Naturalistica la cui applicazione è iniziata in Italia negli anni ’80 nelle lagune venete e si ripropone oggi con alcuni sporadici interventi eseguiti sia sulle coste e lagune adriatiche che in altre regioni quali Lazio, Sardegna, Puglia. Tale attività di sperimentali di interventi di rinaturazione e ingegneria naturalistica in zone lagunari (barene, dune costiere, cordoni dunali esterni, ecc.) vanno riproposti sia come attività di ricerca che di applicazione su vasta scala, vista la rilevanza territoriale ed imprenditoriale delle problematiche delle dinamiche costiere e lagunari.

#### 6.2.2.1 Zone costiere della Sardegna

Si riporta una serie di interventi su dune nella costa Nord orientale sarda in località Orosei, con messa a dimora di specie arbustive e suffrutescenti mediterranee quali *Tamarix*, *Phillyrea*, *Pistacia*, *Nerium*, *Olea oleaster*, *Rosmarinus*, *Vitex agnus castus*, *Helychrysum*, *Lavandula*, *Cistus*, *Calycotome* in zona di turismo balneare e realizzazione di palificate e palizzate di consolidamento lungo infrastrutture viarie.





Foto 138, Foto 139, Foto 140 Messa a dimora di specie arbustive e suffrutescenti mediterranee su litorale sabbioso (foto P.Cornelini)



Foto 141 *Lavandula sp.*

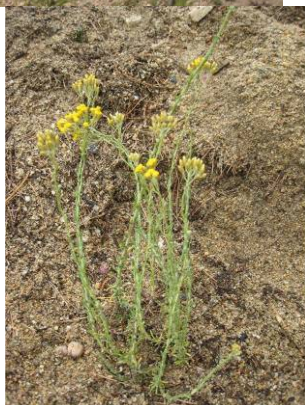


Foto 142 *Helychrysum sp.*



Foto 143 *Cistus sp.*



Foto 144 *Pistacia sp.*

Sempre in zona, si è proceduto alla stabilizzazione delle sponde costiere lagunari tramite la realizzazione di palificate vive spondali e trapianto di arbusti mediterranei con salvaguardia e recupero della vegetazione esistente.





Foto 145 Scarpata sabbiosa in erosione (foto P. Cornelini)



Foto 146 Realizzazione di una palificata viva con inserimento di talee di tamerice (foto P. Cornelini)



Foto 147 Palificate e palizzate di consolidamento lungo un'infrastruttura viaria (foto P. Cornelini)



Foto 148 e Foto 149 Realizzazione di palificate vive spondali e trapianto di specie arbustive autoctone (foto P. Cornelini)







Foto 150 Visione d'insieme della zona costiera di Orosei (foto P. Cornellini)

Intrappolamento di sabbia a protezione e implementazione delle dune costiere mediante graticciate e messa a dimora di piante psammofile negli spazi retrodunali nella spiaggia di Sorso SS.



Foto 151 Realizzazione delle graticciate (foto P. Cornellini)



Foto 152 Piantagione di piante psammofile (foto P. Cornellini)



Foto 153 e Foto 154 Piantagione di piante psammofile (foto P. Cornellini)

#### 6.2.2.2 Complesso edilizio residenziale “La Leprignana” (Fregene – RM)

Sequenza di interventi antierosivi di stabilizzazione e consolidamento di scarpate artificiali su terreni sabbiosi (paleodune) nel complesso edilizio residenziale “La Leprignana” (Fregene – RM). Nelle Foto 155 e 156 si nota l'azione antierosiva insufficiente con sole biostuoie inerbite. Nelle Foto 157 ÷ 159 si osservano gli interventi di sistemazione di supporto di scarpate di neoformazione con fascine vive di tamerici e messa a dimora di arbusti mediterranei.



Infine, nelle Foto 160÷163, si osserva la stabilizzazione e il consolidamento al piede delle scarpate delle ville con palizzate in tronchi orizzontali, palificate vive e arbusti mediterranei.



Foto 155 e Foto 156 Scarpate artificiali su terreni sabbiosi con evidenti fenomeni erosivi nonostante l'impiego di biostuoie inerbite (foto P. Cornellini)



Foto 157 e Foto 158 Realizzazione di fascine vive di tamerici e messa a dimora di arbusti mediterranei, aprile 2007 e Foto 159 le fascine a settembre dello stesso anno (foto P. Cornellini)





Foto 160 e Foto 161 Realizzazione di palizzate in tronchi orizzontali, palificate vive con arbusti mediterranei, al piede delle scarpate attigue alle residenze (foto P. Cornellini)



Foto 162 e Foto 163 La Leprignano: palificate Roma di sostegno al piede delle scarpate in sabbia dopo due anni. Foto Cornellini 2009

### 6.2.2.3 Casistica costa laziale



Foto 164 Esempio negativo di insediamenti turistico-balneari con utilizzo di specie alloctone, (foto G. Sauli)



Foto 165 Dune costiere - Parco del Circeo, aprile 2003, resti delle graticciate utilizzate per intrappolare la sabbia e limitare l'erosione. Nella parte alta fascine morte di saggina (foto G. Sauli)





Foto 166 L'impiego della tappezzante *Mesembryanthemum sp.* risulta poco efficace a causa della scarsa radicazione (foto G. Sauli)



Foto 167 L'erpatura di pulizia delle spiagge a fini balneari danneggia la stabilità della sabbia (foto G. Sauli )



Foto 168 Litorale romano zona Ostia, aprile 2003, consolidamento di duna a isole mediante palificate in legno (foto G. Sauli 2003)



Foto 169 Litorale romano zona Ostia, aprile 2003, consolidamento di duna a isole mediante palificate in legno (foto G. Sauli 2003)



Foto 170 Ottimo esempio di conservazione di vegetazione retrodunale sulla costa Laziale in zona Castelporziano (foto G. Sauli 2003)



## 7 INFRASTRUTTURE (Giuliano Sauli)

Per i settori infrastrutturali sono normalmente riconosciute le seguenti categorie e definizioni degli interventi a verde e di ingegneria naturalistica:

- Gli interventi di ottimizzazione delle opere di progetto, cioè quelli che migliorano la qualità del progetto senza riferimento a particolari impatti derivati che debbano essere mitigati;
- Gli interventi di mitigazione veri e propri, dove appunto le opere in verde attenuano in qualche misura gli impatti che derivano dalla realizzazione e gestione del progetto (es. barriere vegetate antirumore o antipolvere a lato strada);
- Gli interventi di compensazione che realizzano opere di significanza anche importante dal punto di vista della rinaturazione e ricostruzione di elementi di biodiversità, che non hanno però a che vedere con azioni derivanti dal progetto (es. ricostruzione di habitat in vecchie cave abbandonate).

Da un punto di vista tecnico tali distinzioni non incidono in realtà sulle modalità di realizzazione che rispondono piuttosto alle condizioni di intervento di ogni superficie o scarpata, nonché alle necessità funzionali legate alla realizzazione e gestione dell'infrastruttura.

Si possono distinguere due categorie principali di infrastrutture:

- Infrastrutture lineari (strade, ferrovie, condotte interrate, elettrodotti, canali, ecc.)
- Infrastrutture puntuali (cave, discariche, stazioni elettriche, impianti industriali in genere, ecc.)

Vengono di seguito considerate le casistiche delle infrastrutture viarie<sup>9</sup> che rappresentano il 70% delle infrastrutture che sono sottoposte a procedure ambientali di autorizzazione e quindi soggette abitualmente a richieste e prescrizioni da parte degli Enti in merito agli interventi a verde e di ingegneria naturalistica.

### 7.1 Applicabilità alle infrastrutture viarie dell'Ingegneria Naturalistica e Verde tecnico

Per gli interventi di IN nelle infrastrutture viarie valgono comunque i principi generali dell'Ingegneria Naturalistica:

- Finalizzazione degli interventi di rivegetazione alla funzioni antierosiva, di stabilizzazione e di consolidamento dei corpi terrosi e dei suoli denudati legati agli interventi;
- Ottenimento di tali funzioni legandole alla ricostituzione di ecosistemi locali mediante impiego di piante autoctone riferite a stadi della serie dinamica della vegetazione potenziale dei siti di intervento

Tali principi sono da integrare con alcune connotazioni che derivano dal fatto di intervenire nell'ambito di una infrastruttura e cioè:

- **Ottenere il massimo livello possibile di biodiversità compatibile con la funzionalità strutturale e gestionale dell'opera;**
- Valutazione dei limiti di impiego delle tecniche in relazione alle funzioni statiche;
- Valutazione delle possibili interferenze funzionali (es. invasione dei rami degli alberi e arbusti della sagoma stradale).

Alcune delle tecniche di ingegneria naturalistica rientrano nella categoria del cosiddetto "verde tecnico" (tedesco "Vegetationstechnik" tradotto letteralmente: "tecniche di vegetazione") cioè dell'uso tecnico delle piante utilizzate e condizionate tenendo conto delle esigenze e quindi delle limitazioni funzionali indotte dalle attività umane.

---

<sup>9</sup> L'applicabilità dell'Ingegneria Naturalistica alle infrastrutture viarie va riferita alle tipologie di opere d'arte collegate alle infrastrutture stesse e alle conseguenti possibili tipologie di interventi a verde.

Vale comunque sempre il principio, già citato in premessa, di **realizzare il massimo livello di biodiversità compatibile con le limitazioni funzionali strutturali e gestionali intrinseche dell'opera.**

La verifica delle caratteristiche biotecniche delle piante va effettuata in funzione delle potenziali interferenze. Vanno prese in considerazione:

- *interferenze con la struttura;*
- *interferenze gestionali;*

Le interferenze potenziali legate allo sviluppo delle piante devono essere tenute in conto in fase di progettazione, ma anche in fase di gestione prevedendo periodici interventi di manutenzione.

## **7.2 Tipologie di opere d'arte**

Classicamente sono considerate alcune principali tipologie di opere d'arte e in particolare: scarpate a raso o rilevato; scarpate in scavo o trincea; ponte o viadotto; galleria. Ad esse sono collegati i possibili interventi a verde e di Ingegneria Naturalistica che sono funzione delle morfologie delle strutture, della disponibilità di corpi terrosi a pendenza naturale o sostenuti, delle superfici disponibili o ricavabili a lato strada, delle necessità/opportunità di realizzare interventi connessi quali: sistemazione di corsi d'acqua attraversati, risistemazione di cave di prestito, barriere antirumore, vasche di prima pioggia, aree di svincolo, stazioni di servizio, ecc.

La necessità di realizzare strade con velocità sempre maggiori (raggi di curvatura minori) e al contempo le tecnologie di scavo disponibili negli ultimi decenni hanno modificato sostanzialmente le modalità di progettazione, soprattutto nei territori montani e collinari italiani, rendendo assai frequenti tracciati stradali con prevalente alternanza di gallerie/viadotti. Ciò, risolvendo, solo in parte, le problematiche di tipo paesaggistico, ha creato viceversa altri problemi (grosse discariche di inerti, rivegetazione di imbocchi di gallerie, reinserimento ambientale e paesaggistico dei viadotti).

### **7.2.1 Scarpate a raso o rilevato**

E' la sezione base di tutte le piattaforme stradali che fornisce la possibilità di interventi di rivegetazione su scarpate laterali mediante realizzazione di: siepi, fasce boscate, piantagione di arbusti ed alberi, terrapieni naturali, rinforzati o compressi vegetati, ecc..

Presupposti per la riuscita degli interventi a verde (semine, piantagioni) sono:

- pendenza non superiore a 32 – 35°;
- riporto di terreno vegetale (pochi centimetri di buon terreno vegetale sono meglio di strati maggiori di terreno scadente o di inerte terroso minerale);
- selezione delle miscele di sementi;
- scelta delle specie di arbusti ed alberi in funzione del contesto vegetazionale.

### **7.2.2 Scarpate in scavo o trincea**

Le scarpate in scavo o in trincea rappresentano una casistica molto frequente non solo nei tracciati in zone montane, ma anche in quelli pianiziali:

- a) quando si cerca di bilanciare le cubature scavi/riporti per limitare i costi di approvvigionamento degli inerti da cave di prestito;
- b) per evitare antiestetici cavalcavia e viadotti negli incroci con altra viabilità.

Data la natura litoide del substrato e le pendenze di scavo, di solito gli interventi a verde su tali scarpate si limitano a normali idrosemine destinate a fallimento, essendo comunque l'azione antierosiva insufficiente. Si creano problemi funzionali di erosione da ruscellamento nelle litologie meno compatte, o addirittura cedimenti superficiali difficili da ripristinare.

Vanno adottate tecniche di scavo e ripristino che risolvano i problemi sopracitati secondo le modalità che seguono:

- le scarpate in trincea vanno progettate a seconda della litologia, non soltanto in funzione della stabilità geomeccanica complessiva, ma anche della stabilizzazione superficiale. Rocce sciolte quali ghiaie e sabbie terrazzate, argille sovraconsolidate, marne, conglomerati, ecc., vanno, ove

non sussistano impedimenti al contorno, scavate a pendenze non superiori ai 35°, per consentire appunto riporti di suolo e successiva rivegetazione o interventi di rivestimento con reti e stuoie o stabilizzanti con viminate e fascinate vive. Tali interventi stabilizzanti a verde e di Ingegneria Naturalistica vanno a beneficio della stabilità superficiale e durata nel tempo delle scarpate stesse. Il ricorso a tecniche di stabilizzazione mediante mantellate in cls effettuato in passato può oggi essere sostituito dall'impiego di geocompositi rinverditi o da tecniche di Ingegneria Naturalistica.

- Vanno effettuati rivestimenti con terreno vegetale di spessore anche minimo (20 cm) normalmente non previsto nei capitolati.
- Vanno preferite, ove possibile dal punto di vista geotecnico, scarpate a tirata unica invece di scarpate a gradoni. Infatti in queste ultime aumenta la pendenza di ogni singola scarpata a pari occupazione complessiva e quindi di superfici di esproprio e si ottiene un antiestetico effetto geometrico legato alla presenza dei gradoni, anche se rivegetati. Problemi di ruscellamento superficiale vanno risolti adottando gli interventi antierosivi e stabilizzanti con tecniche di IN già citati.



Foto 171 - Scarpata in trincea in roccia lavorata a bassa pendenza e a tirata unica senza berme intermedie. Autostrada Capodistria-Lubiana, Località Razdrto (Slovenia). Foto G. Sauli



Foto 172 - Inizio di solchi di erosione su scarpate non rivegetate in trincea in litologia sciolta a matrice argillosa. (3° corsia autostrada Orte-Fiano Foto G. Sauli)



Foto 173 - Autostrada Fiano –Orte – Scarpate in trincea in argilla minerale – Piantazione di arbusti ed alberi (Foto G. Sauli 1998)

### 7.2.3 Ponte o viadotto

Sono strutture che danno permeabilità territoriale alla strada e vanno in tal senso prolungati anche dove non sarebbe strettamente necessario, ma sono in genere di difficile inserimento paesaggistico. Si può intervenire sulle spalle dei ponti mediante piantagione di arbusti ed alberi o utilizzando specie arboree autoctone. In presenza di ampi spazi è possibile realizzare vere e proprie fasce



boscate di mascheramento, per contro, se gli spazi sono ridotti, possono essere realizzati filari di caducifoglie d'alto fusto quale in particolare il pioppo cipressino. L'impiego di sempreverdi resinose, quali cipressi, pini o resinose esotiche, crea una forte intrusione nel paesaggio che normalmente non corrisponde con la connotazione della vegetazione naturale potenziale attraversata. Altro problema è la rivegetazione nelle superfici in ombra dei viadotti per la mancanza d'acqua come fattore limitante (foto 199 – 200).



Foto 174 -Rivegetazione ad arbusti di un rilevato spalla di viadotto (Autobrennero – Bolzano nord – Foto G. Sauli)



Foto 175 - Filare di pioppi cipressini a pronto effetto di mascheramento del nuovo Viadotto di accesso all'area commerciale di Villesse – UD (foto G. Sauli 2010)

#### 7.2.4 Portali delle gallerie

Da molti decenni non vengono più realizzati portali di gallerie con muri in cls ma è comune la soluzione in prolungamento artificiale a “becco di flauto” o “fetta di salame” che consente la realizzazione di corpi terrosi rivegetabili.



Foto 176 - a destra vecchio portale in cls, a sin nuova tipologia rivegetabile con semine e vimate. (Foto G. Sauli)



Foto 177 - Soluzioni intermedie sono talvolta necessarie per morfologie locali (autostrada in Slovenia loc. Sezana – Foto G. Sauli)



Foto 178 - Prolungamenti in galleria artificiale con rilevati rivegetati ad alberi locali (Autostrada A 23 galleria di Pontebba – Foto G. Sauli ottobre 1987)



Foto 179 – idem dopo 23 anni (Foto G. Sauli - 2010)



Foto 180 – GVT Galleria di Servola (TS) – 1986 (Foto G. Sauli)



Foto 181 - GVT Galleria di Servola (TS) – 1987 (Foto G. Sauli)



Foto 182 - GVT Galleria di Servola (TS) – 1988 (Foto G. Sauli)



Foto 183 - GVT Galleria di Servola (TS) – dopo 10 anni (Foto G. Sauli)

### 7.3 Tipologie di intervento

Vengono di seguito elencate e illustrate le principali tipologie di intervento applicabili alle strade (per la casistica fotografica dei punti da 1 a 6 vedi anche corrispondenti tecniche del capitolo 8 riferiti alle strade).



1. Rivegetazione e stabilizzazione di scarpate con semine potenziate, stuoie organiche, viminate vive, messa a dimora di arbusti e alberi, ecc.



Foto 184 - Idrosemina di rincalzo su TRV (Autostrada V.Veneto - Pian di Vedoia – foto G. Sauli 1989)



Foto 185 - Stuoie in cocco su scarpate in scavo in litologie sabbiose non sempre hanno assolto alla funzione di stabilizzazione essendo dei provvedimenti antierosivi (Autostrada dei trafori – ottobre 1988 – Foto G. Sauli)



Foto 186 - Scarpate in rocce marnoso-arenacee rivestite con sola rete metallica. Lo sviluppo spontaneo della vegetazione è legato alla presenza di piccole berme su cui si è accumulato materiale terroso fine. (GVT svincolo Grandi motori – TS – Foto G. Sauli 2010).



Foto 187 - Reti metalliche e stuoie organiche su scarpate in scavo in condizioni di forte aridità non sempre producono rivegetazione, pur mantenendo la funzione di stabilizzazione. (Sardegna SS 195 Pula – Foto G. Sauli fine anni '80)





Foto 188 – Messa a dimora di arbusto con disco pacciamante e impianto di irrigazione a goccia (foto G. Sauli)



Foto 189 – Messa a dimora di albero in zolla con rincalzo di torba e terreno vegetale. (foto G. Sauli)



Foto 190 - Stuoia organica con funzione pacciamante e arbusti aromatici. (foto G. Sauli)



Foto 191 – Impiego di teli pacciamanti a protezione di specie arbustive. (foto G. Sauli)

2. Consolidamento e stabilizzazione di portali di gallerie con terre rinforzate verdi, muri cellulari verdi, stuoie e rivestimenti vegetativi, ecc.
3. Siepi di mezzzeria tra le carreggiate, siepi e fasce boscate a lato strada (sieponi a muro, siepi a tetto, ecc.)
4. Sistemi di canalizzazione in stuoie sintetiche rinverdate
5. Terre rinforzate verdi



Foto 192 - TRV con rinforzi orizzontali in rete metallica (A4 Casello di Villesse – Foto R. Ferrari)



Foto 193 - TRV con armatura orizzontale in reti sintetiche (GVT loc. Domio – Foto G. Sauli 2008)





Foto 194 - TRV con armatura orizzontale in reti sintetiche e casseri esterni in griglie metalliche, reti sintetiche e stuoie organiche. Si noti la terra vegetale addossata alle stuoie e reti esterne (GVT loc. Domio – Foto G. Sauli 2008)



Foto 195 - Messa a dimora di talee di salice su TRV con griglie metalliche, reti sintetiche e stuoie nella sequenza dall'esterno verso l'interno (GVT - Foto G. Sauli 2009)



Foto 196 - TRV in reti sintetiche con talee di salice (autostrada del Frejus anni '80 - Foto P. Fantini)

6. Sistemazioni spondali delle deviazioni dei corsi d'acqua con palificate vive, terre verdi rinforzate, gabbionate verdi, muri cellulari verdi, ecc.

7. Sistemazione di versanti franosi a lato strada con tecniche classiche di Ingegneria Naturalistica (gradonate vive, grate e palificate vive, ecc.)

8. Rivegetazione di scarpate in ombra dei viadotti

I fattori limitanti principali della crescita delle piante sulle scarpate nell'ombra dei viadotti sono:

- la carenza di acqua di provenienza meteorica;
- la luce ridotta;
- la povertà dei suoli.

Numerose esperienze hanno dimostrato che efficaci sistemi di irrigazione possono sopperire alla carenza primaria (acqua) consentendo lo sviluppo delle piante. Vengono comunque impiegate specie sciafile ed in particolare l'edera.





Foto 197 – Edera tappezzante sotto i viadotti di accesso all'aeroporto (Tessera – VE) Foto G. Sauli 2008



Foto 198 – Impiego delle acque di sgrondo mediante tubi diffusori per rivegetazione ad edera (Grande Viabilità di Trieste – Via Caboto) gennaio 2010. Foto G. Suli



Foto 199 – Impiego di edera tappezzante con impianto di irrigazione a goccia all'ombra del viadotto (Viabilità d'accesso alla nuova zona commerciale di Villesse – GO) febbraio 2010. Foto G. Sauli



Foto 200 – Rivegetazione ad esotiche basso arbustive con irrigazione a goccia (Autobrennero loc. Vipiteno) – Foto G. Sauli

9. Barriere verdi antirumore , terrapieni verdi di isolamento (antisvio, antiabbagliamento) (NB – Va utilizzato il termine Terrapieno o Terrapieno armato e non “Duna” spesso usato, che è da considerarsi sbagliato, in quanto termine della geomorfologia con significato diverso)



Foto 201 – Barriera antirumore in cls vegetata (Tangenziale di Mantova - Foto R. Santero)



Foto 202 – Barriera antirumore vegetata ad arbusti in terrapieno compresso in struttura metallica. Campione di recente realizzazione con cura particolare per il suolo di riempimento (suolo tecnogenico) ed evidente successo dello sviluppo della vegetazione. (Foto G. Sauli)





Foto 203 – Barriera antirumore vegetata ad arbusti autoctoni in terrapieno compresso in struttura metallica (Autostrada dei Trafori – Foto G. Sauli fine anni '80)



Foto 204 – idem giugno 1996



Foto 205 – Barriera antisvicio in doppia terra rinforzata verde in fase di costruzione (Foto F. Ferraiolo)



Foto 206 – idem appena realizzata (Foto F. Ferraiolo)



Foto 207 – idem idrosemina a spessore



Foto 208 – idem a lavoro e rinverdimento ultimato. Separazione tra Autostrada ed AV TO – NO (Foto G. Sauli 2009)

#### 10. Vasche di prima pioggia quali habitat umidi o a secco

Il trattamento delle acque di dilavamento delle piattaforme stradali si è posto già dagli anni '90. Le strade, infatti, e in particolare le autostrade, si comportano come dei bacini di raccolta delle acque meteoriche che devono essere sgrondate e smaltite nei recapiti laterali alle strade stesse. Tali acque, in particolare quelle di prima pioggia, dilavano il particolato e gli inquinanti derivanti dal traffico veicolare (metalli pesanti, olii, gomme, polveri, sostanze organiche, ecc.) che si concentrano sulla strade stesse.

L'idea di realizzare delle vasche di raccolta delle acque di prima pioggia (contenenti buona parte del particolato e degli inquinanti rilasciati dai veicoli) ha portato alla sperimentazione, in diversi paesi europei ed anche in Italia, di vasche di prima pioggia sia tecnologiche che in terra con varie risultanze.

Per quanto riguarda le vasche in terra furono realizzate vasche di raccolta delle acque così formate:

- una prima vasca più piccola a fondo cementato per la sedimentazione dei fanghi contenenti la maggior parte del particolato e degli inquinanti (che vengono periodicamente rimossi);
- una seconda vasca, più grande e a fondo in terra, con funzione di fitodepurazione ad elofite (generi *Phragmites*, *Typha*, *Schoenoplectus*, *Juncus*, ecc.) e contemporanea ricostruzione di habitat umidi.

Tali sistemi, già sperimentati a valle degli impianti di depurazione (paludaggio), hanno però mostrato dei limiti d'applicazione ed in particolare:

- necessità funzionale di realizzare delle seconde vasche di notevoli dimensioni con morfologia a labirinto;
- possibilità altresì che l'acqua con inquinanti residui transiti attraverso la vasca (se di piccole dimensioni) e sfiori negli scarichi senza che sia avvenuta la fitodepurazione;
- habitat umidi con forti contenuti di inquinanti e quindi negativi ai fini della fauna;
- necessità di rimozione periodica di tutto il fondo e ricostruzione dell'area umida.

Nell'ultimo decennio in centro Europa si sta affermando l'impiego di:

- fossi di infiltrazione laterali al piede delle scarpate con funzione di sedimentazione dei fanghi e di infiltrazione delle acque residue;
- vasche doppie di cui la prima con funzione di sedimentazione dei fanghi e la seconda, in fondo terroso inerbito, con funzione di infiltrazione e depurazione degli inquinanti residui. Tali strutture costituiscono una valida alternativa alle vasche tecnologiche in calcestruzzo che vengono normalmente inserite nelle progettazioni stradali.

Vanno considerati quali benefit ambientali di tali strutture:

- il ripascimento delle falde (in funzione della geolitologia e geomorfologia del sito);
- la facilità di realizzazione e gestione;
- la segregazione del carbonio (cotici erbosi, suoli);
- la funzione di micro – habitat;
- la facilità di intervento d'emergenza e di ricostruzione in caso di incidenti (sversamento di liquidi inquinanti sulla carreggiata).



Foto 209 – Vasca di prima pioggia con funzione di fitodepurazione (Francia – Foto P. Cornellini)



Foto 210 – Vasca di prima pioggia con funzione di habitat umido e fitodepurazione (Germania – Foto G. Sauli)





Foto 211– Vasca di prima pioggia a fondo terroso a secco con funzione di infiltrazione ed avanvasca in cls di sedimentazione dei fanghi inquinati (ricostruzione autostrada ex DDR – Lipsia – Foto G. Sauli 2005)



Foto 212 – idem fase di gestione

#### 11. Provvedimenti di continuità faunistica (sovrappassi e sottopassi verdi, barriere e reti di deviazione per fauna minore, ecc.) aree e piste di cantiere, cave di prestito, piste d'accesso

Per quanto riguarda le strutture di deframmentazione di habitat faunistici in ambito stradale si rimanda alla Linea guida ISPRA in preparazione che si occupa di tutta la tematica in generale.

Vengono di seguito riportati alcuni esempi di interventi realizzati in Italia ed all'estero quali esempi di buone pratiche da inserire normalmente nelle progettazioni e realizzazioni stradali. Va precisato che le caratteristiche (collocazione, dimensionamento, morfologia, ecc.) di tali provvedimenti sono collegate alle indagini specialistiche sulla fauna locale che vanno effettuate nell'ambito degli Studi di impatto propedeutici alla progettazione. Vale comunque il principio di collocare comunque, anche in assenza di dati specifici, frequenti varchi di continuità territoriale oltre ai normali provvedimenti relativi alla viabilità locale ed agricola.

Il problema è non solo di tipo naturalistico, ma anche relativo alla sicurezza dei veicoli. In tal senso le strutture di continuità faunistica (sottopassi, sovrappassi, ecc.) vanno collegate con sistemi di recinzioni e/o di deterrenza (es. catarifrangenti speciali che riflettono le luci delle macchine verso l'esterno delle carreggiate).

Sussistono alcune tipologie più frequenti (vedi foto allegate):

- sovrappassi destinati in genere a popolazioni di grossi mammiferi (ungulati, lupo, orso) i cui habitat di transito siano interferiti dalla struttura viaria. Per avere efficacia nei confronti della fauna tali strutture devono avere certe dimensioni, non essere attraversate da viabilità locale, essere rivegetate, non essere adiacenti a zone urbanizzate o comunque recintate);
- sottopassi per gli stessi animali di grossa taglia che devono avere grandi dimensioni (luce almeno doppia della larghezza della strada ed altezza minima di 4 – 5 m) salvo il non utilizzo. Risultano validi per tale funzione i viadotti, anche prolungati al di là della loro necessità funzionale e finalizzati appunto al transito normale degli animali;
- sottopassi con la stessa funzione destinati però a fauna minore (volpi, lepri, ricci, ecc.) e di varia dimensione in funzione delle specie. Vale il principio che l'animale deve vedere la luce alla fine dello scatolare o tombino ma l'altezza viene mantenuta limitata per non consentire il transito di mezzi agricoli ;
- Sistemi di siepi ad invito per sovrappassi e sottopassi;
- sistemi di svio, invito e sottopasso per anfibi. Tale problematica molto diffusa nel centro Europa investe anche l'Italia centro – nord. Gli anfibi notoriamente hanno dei dinamismi stagionali che li portano dai quartieri di caccia (versanti) a quelli di riproduzione (laghi, stagni, lanche, acque debolmente correnti, ecc.) a valle. Tali movimenti intercettano le strade a mezza costa in zone collinari e montane dove sono possibili delle vere e proprie stragi specialmente di notte e con tempo piovoso, con evidente pericolo anche per i veicoli in transito.





Foto 213 – Sovrappasso per orsi (Autostrada A2 presso Arnoldstein - Austria – Foto G. Sauli)



Foto 214 – Galleria artificiale rivegetata con funzioni di continuità faunistica (Grande Viabilità Triestina loc. Prosecco – Foto G. Sauli)



Foto 215 – Idem in costruzione



Foto 216 – Idem rivegetazione a landa ed arbusti locali dopo 20 anni (Foto G. Sauli 2009)



Foto 217 – Ponte per ungulati con strutture di invito ad imbuto (Lussemburgo anni '80).  
Foto G. Sauli



Foto 218 – Sottopasso per uso faunistico (GVT loc. Slivia – Foto G. Sauli 2009)





Foto 219 – Sottopasso scatolare per fauna minore (Collegamento Cimpello – Sequals – PN – Foto G. Sauli)



Foto 220– Passaggio per fauna a tubo (Collegamento Cimpello – Sequals – PN – Foto G. Sauli)



Foto 221 – Investimenti di fauna minore sulle strade statali e provinciali sono frequenti in quanto non recintate (Collegamento Cimpello – Sequals – PN – Foto G. Sauli)

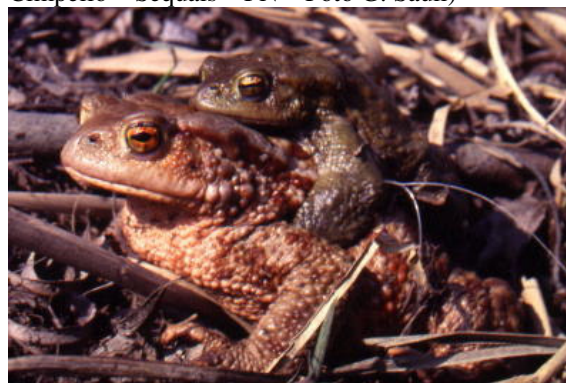


Foto 222 - Rospo comune (Bufo bufo) in riproduzione. Lo stadio di girino richiede acque stagnanti verso le quali gli anfibi sono necessariamente attratti in primavera (Foto G. Sauli).



Foto 223 – Strutture metalliche di svio per anfibi collegate con diaframmi direzionali e sottopassi (Germania). Foto G. Sauli



Foto 224 - Strutture metalliche di svio per anfibi collegate con diaframmi direzionali e sottopassi (Germania). Foto G. Sauli



Foto 225 - Strutture metalliche di svio per anfibi collegate con diaframmi direzionali e sottopassi (Germania). Foto G. Sauli

## **8 CASISTICA NEGATIVA / POSITIVA DI INTERVENTI CAMPIONE SU COME FARE E NON FARE PER LA CORRETTA ESECUZIONE NELLE APPLICAZIONI DELLE DIVERSE TECNICHE (Giuliano Sauli)**

Si possono stigmatizzare le basi deontologiche dell'Ingegneria Naturalistica in chiave teorico – pratica, analizzando le singole tecniche ed evidenziando il “come fare e non fare” sulla base di una ormai vasta casistica realizzata in Italia e non sempre rispondente ai principi base.

Per una disamina nei particolari delle corrette modalità di esecuzione pratica dell'Ingegneria Naturalistica si rimanda anche ai “Quaderni di cantiere” realizzati dalla Regione Lazio (Autore R. Ferrari 2006-2008). Riprendiamo dai citati “Quaderni di cantiere” in APPENDICE E alcune note sui più frequenti errori qui integrate da altre osservazioni.

Viene di seguito riportata una casistica di interventi che evidenzia gli errori messi a confronto con le buone pratiche di esecuzione delle principali tipologie di tecniche realizzate in Italia negli ultimi anni, spesso in difformità con i principi della disciplina.

### **8.1 Principale casistica esaminata**

#### **8.1.1 Biostuoie**

Principali errori d'impiego:

- non eseguire preliminarmente una prova di infissione di picchetti di diverse dimensioni comporta la possibilità di scelte errate nella fase esecutiva, con vanificazione della funzione strutturale e dispendio di energie;
- insufficiente picchettatura / mancato appressaggio al substrato e quindi distacco per azione degli agenti meteorici;
- reticelle di supporto a maglia troppo piccola (5 mm) che impedisce lo sviluppo delle erbe;



Foto 226 Insufficiente picchettaggio e conseguente distacco prima che si sviluppi il cotico erboso



Foto 227 Reticelle di supporto a maglia troppo fitta impediscono lo sviluppo delle piante





Foto 228 Uso di materassini in fibra di cocco su substrati ghiaiosi non sostituisce il terreno vegetale e impedisce lo sviluppo della vegetazione per eccesso di azione pacciamante (Foto Sauli 2007)



Foto 229 Uso di materassini in fibra di cocco su substrati ghiaiosi non sostituisce il terreno vegetale e impedisce lo sviluppo della vegetazione per eccesso di azione pacciamante (foto Sauli 2007)



Foto 230 e Foto 231 Uso improprio di stuoie in fibra di cocco su scarpate in sabbia con pendenza limite.

### 8.1.2 *Rivestimento vegetativo in rete metallica e stuoie*

Con l'avvento dei geosintetici in Europa e in Italia (fine anni '80) si sono aperte nuove possibilità tecniche che hanno rivoluzionato il panorama degli interventi delle costruzioni in terra combinati con il verde.

In particolare la stuoia sintetica tridimensionale ha ampliato la gamma degli interventi antiersivi e di rivestimento di scarpate e sponde.





Foto 232 stuoia sintetica tridimensionale

Si è reso inoltre possibile l'abbinamento con reti metalliche nei rivestimenti antiersivi di scarpate stradali in scavo in roccia su cui il sistema tradizionale adottato era il rivestimento con materiali cementizi (spritz – beton) spesso con notevole impatto paesaggistico.



Foto 233 Esempio negativo di rinverdimento di scarpata in roccia con spritz beton, edera rampicante ed esotiche arboree ed arbustive (Cipresso, Piracanta, Oleandro) (Foto G. Sauli 2011)



Foto 234 Rivestimento di scarpata in roccia con spritz beton e interventi successivi di mascheramento con rampicanti (esempio di falsa ingegneria naturalistica) (foto G. Sauli 2003).

Iniziarono negli anni '80 in Germania i primi interventi con la tecnica del cosiddetto **“rivestimento vegetativo in rete e stuoie”** dove venivano abbinate reti metalliche e stuoie sintetiche che consentivano il rinverdimento mediante idrosemina (foto 7.3, 4, 5). La riuscita di tali interventi è legata ad una serie di fattori (tipo di roccia, presenza di acqua, inclinazione, esposizione) che ne condizionavano la riuscita, soprattutto in termini di attecchimento della vegetazione.

Ben presto si capirono i limiti della tecnica e fu possibile individuare i **principali errori di esecuzione:**

- Pendenza eccessiva delle scarpate in roccia
- Roccia troppo compatta non adatta al rivestimento vegetativo
- Mancato riporto di terreno vegetale
- Mancato appressaggio di reti e stuoie al substrato
- Uso di stuoie sintetiche colorate con evidente impatto cromatico artificiale (meglio la sola rete metallica che spesso è trasparente sullo sfondo della roccia).
- Uso di stuoie sintetiche dove è atteso uno sviluppo parziale del cotico erboso (meglio le biostuoie che anche in caso di sviluppo parziale del cotico erboso si degradano rapidamente).





Foto 235



Foto 236



Foto 237



Foto 238



Foto 239



Foto 240





Foto 241 Rivestimento di scarpate in roccia arenacea con geocomposito in rete metallica e stuoia sintetica tridimensionale. L'assenza di terreno vegetale limita fortemente la crescita del cotico erboso lasciando in vista la stuoia sintetica (GVT – Foto Sauli 2007)



Foto 242 Rivestimento di scarpate in roccia arenacea con geocomposito in rete metallica e stuoia sintetica tridimensionale. L'assenza di terreno vegetale limita fortemente la crescita del cotico erboso lasciando in vista la stuoia sintetica (GVT – Foto Zago 2011)



Foto 243 Reti metalliche e stuoie organiche su scarpate in scavo in condizioni di forte aridità (senza riporto di suolo) non sempre producono rivegetazione, pur mantenendo la funzione di stabilizzazione. (Sardegna SS 195 Pula – Foto G. Sauli fine anni '80)



Foto 244 Rivestimento in rete metallica e stuoia organica di scarpate in trincea in roccia (Nuova stazione di Bosco verde (Tarvisio –UD – foto Sauli)



Foto 245 La stessa scarpata dopo qualche anno, con buona riuscita del verde, pure in assenza di riporto di terreno vegetale.



Foto 246 Rivestimento vegetativo con reti e biostuoie su rilevato in argille consolidate a calce (S. Donà di Piave – VE. Foto G. Sauli nov. 2004)



Foto 247 Idem dopo 18 mesi (Foto G.Sauli 2006)

Principali possibili errori di esecuzione:

- Insufficiente fissaggio con conseguente distacco a causa degli eventi meteorici
- Reticelle di supporto a maglia troppo fitta impediscono lo sviluppo delle piante erbacee
- Effetto drenante e pacciamante eccessivo di stuoie in fibre di cocco impediscono lo sviluppo delle piante erbacee
- Posa su suoli sabbiosi o argillosi di stuoie quale antierosivo dove serviva un intervento stabilizzante (fascinate, viminate)

### 8.1.3 Cotici erbosi in rotolo



Foto 248 Rivestimento di scarpata con prato in rotolo con problemi iniziali di possibili scollature (G. Sauli 2008)

Principali errori di esecuzione:

- Scollature dei vari elementi per fissaggio non adeguato
- Uso di specie non adatte al sito (uguali per qualsiasi ambiente)
- Presunzione d'uso immediato con fallimenti vistosi in caso di sollecitazioni da calpestio (campi sportivi)



#### 8.1.4 Canalizzazioni

Le canalizzazioni in testa alle scarpate (fossi di guardia) sono normalmente realizzate in cls per la facile manutenzione, ma risultano di notevole impatto paesaggistico e naturalistico. Tipologie in metallo sono poco usate per la possibilità di sifonamenti (l'acqua scorre sotto la canaletta). Tali strutture possono in molti casi essere realizzate in materiali geosintetici. Nelle foto da 251 a 254, in sequenza, la realizzazione di un fosso di guardia in geostuoia tridimensionale sintetica seminata, intasata di ghiaino e bitumata in loco. Tali fossi possono avere anche funzione di infiltrazione (foto 255, 256). La struttura ha un notevole riscontro paesaggistico e naturalistico. Difficoltà manutentive possono essere risolte con l'adozione di macchine idonee.



Foto 249 Canaletta in metallo con problemi di sifonamento (Foto G. Sauli)



Foto 250 Fosso di guardia tradizionale in cls (3° corsia Roma – Napoli - Foto G. Sauli anni '80)



Foto 251 Fosso di guardia in geostuoia tridimensionale sintetica seminata, intasata di ghiaino e bitumata in loco Autostrada dei Trafori anni '80 – Foto G. Sauli)



Foto 252



Foto 253



Foto 254



Foto 255 Fosso di guardia in geostuoia tridimensionale sintetica bitumata in opera e inerbita con funzione di infiltrazione (Ferrovia Pontebbana loc. S. Leopoldo – foto G. Sauli 2002)



Foto 256 Idem 2006

### 8.1.5 Siepi

Le siepi trovano applicazione in particolare in ambito in ambito stradale con varie tipologie:

- siepi di mezzzeria utilizzate da sempre come spartitraffico in ambito autostradale. Sono molto importanti per una serie di funzioni quali: antiabbagliamento, trappole del particolato, anti invasione della carreggiata in senso opposto di marcia, antischizzo in caso di forti piogge o presenza di sali fondenti. Vengono di solito realizzate con specie con caratteristiche biotecniche idonee ad assolvere alle funzioni indicate (spesso si deve ricorrere a specie non autoctone);
- sieponi a muro a lato strada con funzioni varie paesaggistiche, antipolvere, ecc. Vanno preferite specie autoctone alle esotiche sempreverdi;
- siepi a tetto di recente concezione ed introduzione in ambito stradale. Vengono realizzate con sezione piramidale mediante messa a dimora secondo una distribuzione a fasce di bassi arbusti, alti arbusti ed alberi autoctoni con funzione di intrappolamento dei filetti del vento per far precipitare il particolato. Le siepi a tetto sono in genere realizzate a lato strada anche in aree urbanizzate e necessitano di sporadici interventi di potatura per il mantenimento della morfologia “a tetto”;





Foto 257 Siepi in aiola spartitraffico a sempreverdi latifoglie (Foto G. Sauli)



Foto 258 Siepe spartitraffico a Ligustro – Autostrada A 23 – Foto G. Sauli)



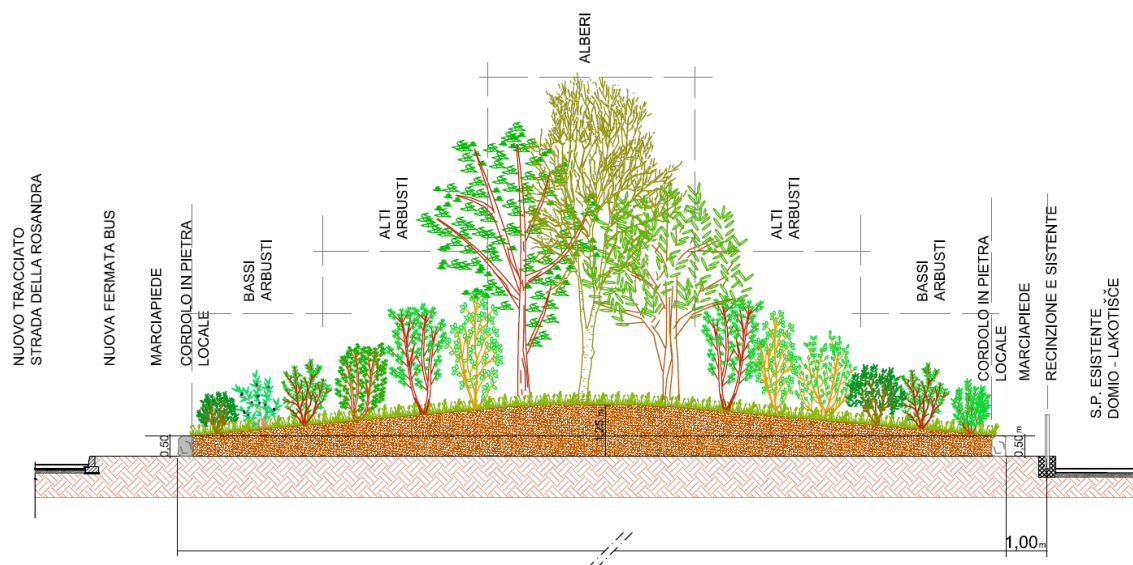
Foto 259 Idem a sviluppo avvenuto delle piante (Foto G. Sauli)



Foto 260 - Siepione a muro (Autostrada A1 – Austria – Foto G. Sauli 2009)



Foto 261 - Siepi a sempreverdi (foto G. Sauli)



Schema di siepe a tetto



Foto 262 Siepe a tetto (aiuola loc. Domio-S.Dorligo della Valle – TS – Foto G. Sauli 2009)



Foto 263 Siepe a tetto (aiuola loc. Domio-S.Dorligo della Valle – TS – Foto G. Sauli 2011)

### 8.1.6 Cordonata viva

La cordonata viva è di per sé un ottimo provvedimento stabilizzante dei versanti montani se realizzata secondo le regole classiche dell'ingegneria naturalistica (vedi anche scheda in appendice E).

Vanno evitati in particolare alcune controindicazioni di cui si riporta documentazione fotografica:

- Insufficiente inserimento delle talee in profondità;
- Insufficiente ricopertura con inerte della ramaglia viva;
- inserimento di non tessuti sul piano di posa delle talee che impediscono lo sviluppo radicale verso il basso, vanificando l'effetto funzionale stabilizzante.





Foto 264 Insufficiente ricopertura con inerte delle talee produce essiccamento delle stesse alla prima stagione arida successiva alla messa a dimora



Foto 265 Buona riuscita di cordonate su scarpate di discarica di inerti in zona alpina



Foto 266 Abbinamento di non tessuto a supporto delle talee in cordonate vive impedisce lo sviluppo verticale delle radici dei salici vanificando l'effetto funzionale stabilizzante (Val di Gleris –UD foto Sauli, agosto 2006)

### 8.1.7 *Viminate vive/morte*

La realizzazione delle viminate vive determina una riduzione localizzata della pendenza del pendio che aumenta la stabilità, riduce il trasporto solido e dilata i tempi di corruzione a breve termine; per quella a lungo termine si potrà contare sul contributo dello sviluppo delle radici delle piante per cui è come se si fosse realizzato, al costo di un intervento a breve termine, la messa in sicurezza a lungo termine, a ulteriore conferma dell'economicità degli interventi di ingegneria naturalistica. Non altrettanto valida è la viminata morta comunemente usata in cui la durata del legno è limitata nel tempo e quindi la funzione stabilizzante è destinata a decadere nel breve periodo.



Foto 267 Viminate vive, San Leopoldo (UD) aprile 2000 – foto G. Sauli



Foto 268 Particolare viminate vive, San Leopoldo, aprile 2000





Foto 269 Vimate vive, San Leopoldo, dicembre 2000



Foto 270 Vimate vive, San Leopoldo, giugno 2010



Foto 271 Metanodotto Malborghetto – Bordano (UD) 2003



Foto 272 Metanodotto Malborghetto – Bordano (UD) agosto, 2006



Foto 273 Palizzate morte



Foto 274 Vimate morte

### 8.1.8 *Fascinata viva*

La fascinata viva è un ottimo provvedimento stabilizzante su substrati sciolti sabbiosi e argillosi soggetti a fenomeni di ruscellamento



Foto 275 Posa su suoli sabbiosi di fascinata viva di tamerici quale intervento stabilizzante La Leprignana (Foto C. Cornellini 2007)



Foto 276 - Pieno sviluppo delle fascine di tamerici La Leprignana (Foto C. Cornellini 2007)



### 8.1.9 Grata viva

Viene di seguito presentata in sequenza una grata viva realizzata secondo i metodi dell'ingegneria naturalistica in un cantiere scuola (corso IAL FVG 1996). A distanza di 7 anni è stata verificata una ottimale risultanza (foto 281) confermata ulteriormente nel 2011:

- Funzionale con interruzione del fenomeno franoso
- Naturalistica con pieno sviluppo dei salici arbustivi
- Paesaggistica con completo inserimento nel contesto boschivo circostante

Restano da valutare:

- La sostituzione nel tempo della azione funzionale svolta dai tronchi con quella della radicazione dei salici
- L'innesco della successione della serie dinamica della vegetazione verso stadi climacici del bosco di versante con ingresso di specie quali *Ostrya carpinifolia* e *Fraxinus ornus*.



Foto 277 ante operam con evidente fenomeno franoso irreversibile aggravato da venute d'acqua nella parte superiore (Montenars UD foto G. Sauli 1996)



Foto 278 Durante il cantiere si noti la doppia fila di tronchi verticali (7 + 7 m) e la disposizione in aggetto dei tronchi orizzontali che diventeranno sostegno delle ramaglie e della terra ricaricata con diminuzione di pendenza per ogni singola nicchia (Montenars UD foto G. Sauli 1996)



Foto 279 a fine lavori ( foto G. Sauli 1996)

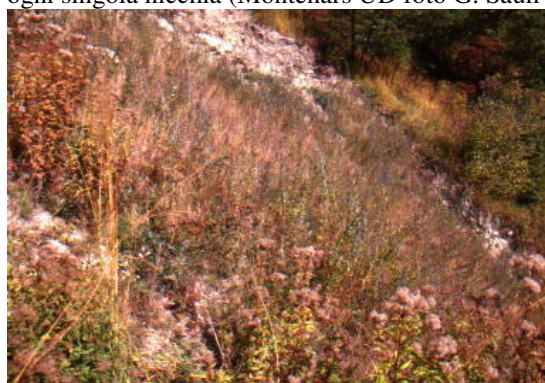


Foto 280 dopo alcuni mesi con ricaccio dei salici su tutta la superficie ( foto G. Sauli 1996)



Foto 281 Risultanze ottimali dopo sette anni dall'intervento ( foto S. Sciolis 2003)





Foto 282 grate vive su palificate in costruzione, Nuoro novembre 2009, Foto P. Cornellini



Foto 283 grate vive su palificate in costruzione, Nuoro maggio 2010, Foto P. Cornellini



Foto 284 Grata viva (Molina Aterno(AQ) Parco Sirente e Velino – foto L. Ruggieri)

Vanno segnalate possibili applicazioni difforme della grata viva come anche riportate in alcuni manuali degli anni '90:

- Nella grata i tronchi orizzontali vengono disposti sotto quelli verticali o collegati a quadrone allo stesso livello (vedi foto allegata), operazione piuttosto difficile da realizzare tranne che su basse pendenze, dove non è necessaria;
- Viene così a mancare la funzione consolidante legata alla diminuzione delle singole pendenze di ogni nicchia e creazione di gradoni successivi sostenuti da ramaglie vive di salici;
- Tale struttura è in realtà una **mantellata morta** in tronchi spesso accompagnata da biostuoie, che ha comunque funzioni antierosive e stabilizzanti.



Foto 285 Mantellata con tronchi orizzontali disposti sotto quelli verticali e senza talee di salici. Alta Val Uque (Valcanale – UD) – Foto G. Sauli 5.6.2011



Foto 286 Mantellata morta (Loc. Fleons –UD Foto Gollino 2009)



### 8.1.10 Palificata viva

Anche per la arcinota tecnica della “palificata viva” vanno segnalate possibili applicazioni difformi:



Foto 287– La palificata in legname e pietrame va considerata un'opera morta

- Uso di pietrame a riempimento delle celle al posto delle talee. L'opera diventa un'opera morta;
- I tiranti sovrapposti (invece che alternati) indeboliscono la struttura;
- Le talee non devono sporgere più di 10 – 15 cm pena l'essiccamento del legno in eccesso;
- fissaggio insufficiente con cambre al posto delle chiodature con tondini d'armatura.

(ulteriori possibili errori in appendice E)

Vanno viceversa segnalate recenti varianti alla palificata tradizionale (p. “Roma”, p. “loricata” – vedi foto 291).



Foto 288 Palificata viva doppia in legname e pietrame con talee troppo sporgenti. Nuovo Rif. Nordio Alta Val Uque (UD) – foto G. Sauli 2010



Foto 289 Idem Ottimo ricaccio dei salici nonostante la mancata potatura a 10 – 15 cm delle talee. – foto G. Sauli giugno 2011





Foto 290 Particolare fissaggio temporaneo tronchi con cambre poi sostituito con chiodature in tondino d'armatura (visibile la testa nella foto) – Foto G. Sauli giugno 2011



Foto 291 Nuovo tipo di palificata “loricata” con tronchi abbinati a briglie ad ombrello in costruzione (Molina Aterno (AQ) Parco Sirente e Velino – foto C. Cornellini)

### 8.1.11 *Gabbionate verdi*

Le tradizionali gabbionate sono considerate una delle tecniche di ingegneria naturalistica e sono abbinabili alle talee di salice, salvo il loro inserimento durante la costruzione e non dopo. Nei gabbioni a più file le talee vanno inserite nella prima maglia del gabbione superiore prima del riempimento e non tra i due gabbioni con possibile schiacciamento delle ramaglie. L'impiego dei soli gabbioni senza abbinamento con ramaglie vive produce al momento un aspetto piuttosto impattante che si mitiga però nel tempo, per sviluppo spontaneo della vegetazione, sino alla scomparsa completa alla vista delle parti metalliche.



Foto 292 Gabbionate rinverdite con talee di salice disposte su file, nella prima maglia inferiore dei gabbioni, Rio Valleluce Cassino (FR) marzo 2000

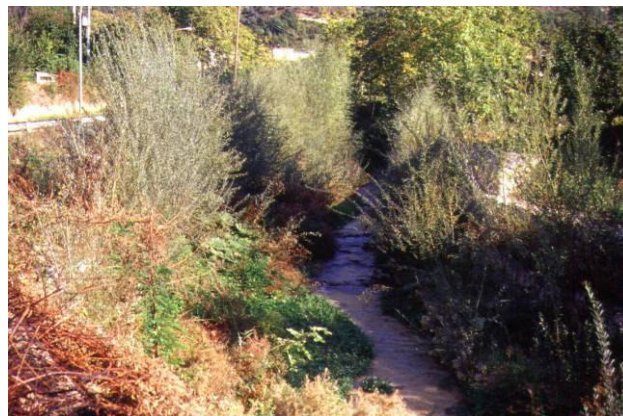


Foto 293 Gabbionate rinverdite, Rio Valleluce Cassino (FR) settembre 2000





Foto 294 Gabbionate rinverdite, Rio Valleluce Cassino (FR) 2004 – Foto: P. Cornellini



Foto 295 Gabbionate verdi di versante – Loc. Moggio (UD) (foto V. Zago)



Foto 296 Aspetto impattante di un intervento classico di sistemazione in gabbioni di un corso d'acqua su versante argilloso (foto G. Sauli)

### 8.1.12 *Materassi Verdi*

Un altro sistema di gabbionata abbinabile con piante vive, talee, semine, ecc. è quello dei materassi, che possono essere riempiti con materiale ghiaioso e rivestiti internamente al coperchio di chiusura con stuoie organiche o sintetiche. Non vanno in questo caso utilizzati non tessuti di appoggio che impediscono lo sviluppo delle radici delle piante, vanificando quindi la combinazione e l'efficacia funzionale delle radici nel fissare il materasso alla sponda o versante.



Foto 297 F. Fella presso la stazione FS di Valbruna - Confluenza col T. Saisera, 2000 - Foto G. Sauli



Foto 298 F. Fella presso la stazione FS di Valbruna - Confluenza col T. Saisera, 2010 - Foto G. Sauli





Foto 299 F. Fella presso la stazione FS di Valbruna - Confluenza col T. Saisera, 2011 - Foto G. Sauli



Foto 300 Rivestimento vegetativo a materasso Diga di Ridracoli (FO), Foto G. Sauli



Foto 301 Copertura di rocce arenacee con rivestimento vegetativo a materasso, Diga di Ridracoli (FO) Foto: G. Sauli



Foto 302 Materasso rinverdibile preconfezionato, Diga di Ridracoli (FO), 1996 Foto: G. Sauli



Foto 303 Rivestimento di rocce arenacee con materassi verdi, Diga di Ridracoli, (FO), 1997, Foto: G. Sauli





Foto 304 Rivestimento di rocce arenacee con materassi verdi, Diga di Ridracoli, (FO), 2005, Foto: G. Sauli

### 8.1.13 Terre rinforzate verdi

Le Terre rinforzate nella versione riverdibile (TRV) hanno modificato negli ultimi ventanni le possibilità costruttive, specialmente nel settore viario, delle strutture di sostegno. Come noto si basano sul rinforzo orizzontale di terrapieni consentendo costruzioni in terra a pendenze sino a 60 e più gradi di pendenza e diventando sostitutive di strutture murarie con il vantaggio di essere rinverdibili, mentre i muri in cls, pure rivestiti in pietrame a faccia vista, sono al massimo abbinabili a rampicanti, mancando però i presupposti per essere definiti opere di Ingegneria Naturalistica (foto 303, 304)

Il mercato ha dato spazio a numerosi materiali di rinforzo sia metallici che sintetici (georeti, geogriglie, ecc.), mentre la funzione antierosiva è stata risolta mediante uso di geostuoie sia sintetiche che organiche.

Vi sono una serie di regole da rispettare perché la parte verde si sviluppi in modo duraturo e presenti le caratteristiche funzionali e naturalistiche tali da far rientrare le TRV nel novero delle tecniche di IN.

Purtroppo il mercato, alla ricerca di prezzi sempre più competitivi, ha trascurato spesso la cura del verde, al punto che la maggior parte delle TRV visibili in Italia sono di fatto realizzate senza abbinamento con specie arbustive e con cotici erbosi a rapido decadimento con effetti anche visuali scadenti (foto 305, 306, 307). Solo rare strutture in TRV si possono considerare realmente riuscite dal punto di vista naturalistico (Foto 311, 312).



Foto 305 Muro con rampicanti, esempio di falsa ingegneria naturalistica



Foto 306 idem





Foto 307 Impiego di feltri non tessuto come antierosivi impediscono lo sviluppo dei cotici erbosi (il colore verde del feltro evidenzia ulteriormente tale effetto negativo) Foto G. Sauli



Foto 308 TRV strada per Piancavallo (PN) anni '80. Dopo oltre ventanni i feltri non hanno consentito lo sviluppo dei cotici erbosi (presenti radi cespi tra uno strato e l'altro) sono in disfacimento (probabile demolizione per effetto fotochimico) e lasciano intravedere l'inerte sassoso retrostante (assenza totale di terreno vegetale) foto G. Sauli 2006



Foto 309 Terra rinforzata non rinverdità, Firenze – Foto P. Cornellini



Foto 310 Uso di semina a spessore con sole leguminose a pronto effetto su feltri di TRV creano una massa verde che decade rapidamente lasciando superfici spoglie nel breve periodo. Autostrada dei Trafori Foto G. Sauli anni '80



Foto 311 TRV Autostrada Aosta-M.Bianco svincolo di Morgex. Durante la costruzione (Foto G. Sauli 1988)



Foto 312 idem dopo 18 anni. Si noti la crescita rigogliosa di arbusti ed alti arbusti che maschera completamente la struttura e contribuisce alla finzione stabilizzante del cuneo frontale (Foto G. Sauli 2006)

Si segnalano di seguito i principali errori di esecuzione che vanno evitati per un buon successo delle TRV:

- mancato inserimento di terreno vegetale nel cuneo frontale;



- mancata rullatura dell'inerte che produce nel breve importanti deformazioni della struttura;



Foto 313 Mancata rullatura dell'inerte che produce nel breve importanti deformazioni della struttura Foto G. Sauli 1988

- uso di sole stuoie organiche abbinate a griglie a maglia larga (ma non a reti metalliche o sintetiche) con conseguente rapido vanificarsi della funzione antierosiva e possibili fuoriuscite del terreno;
- uso di feltri o non tessuti come antierosivi e conseguente blocco della radicazione delle piante erbacee. L'impiego di semine a spessore molto ricche produce al momento lo sviluppo del cotico erboso che va però nel medio periodo a deperimento con effetti negativi estetici e funzionali (vedi foto 307, 308);
- impiego di semine a spessore con sole leguminose a pronto effetto su feltri di TRV creano una massa verde che decade rapidamente lasciando superfici spoglie nel breve - medio periodo (foto 310);
- mancato inserimento di talee o arbusti radicati e conseguente sparizione della vegetazione a seguito dell'inevitabile decadimento dei cotici erbosi (le strutture verdi subvericali sono più adatte alla ricostituzione di siepi che non di prati). Vengono a mancare sia la funzione antierosiva che quella stabilizzante;
- inserimento di talee a posteriori e non durante la costruzione (insufficiente inserimento in profondità – vedi foto 314 esempio di buona pratica);
- interventi di semine e messa a dimora fuori stagione e quindi destinate a fallimento:



Foto 314 Efficace inserimento di talee di salice in profondità durante la costruzione di una terra rinforzata spondale



Foto 315 Messa a dimora di Talea di salice ex post su TRV (foto G. Sauli 2009)



Foto 316 Terra rinforzata rinverdita (di versante), . Parziale svuotamento favorito da uno scarso attecchimento della componente vegetale (post operam) (Foto R.Ferrari). Da quaderno di cantiere:Terra rinforzata rinverdita di versante.

#### 8.1.14 Scogliera rinverdita

La scogliera in massi di uso tradizionale può essere efficacemente migliorata mediante:

- Legatura dei massi con funi d'acciaio che consentono l'impiego di massi non cementati e di dimensioni minori;
- L'abbinamento con le talee di salice che vanno inserite in profondità durante la costruzione (e non dopo!).

Quali impieghi non naturalistici vanno segnalati:

- La cementazione dei massi;
- L'impiego di non tessuto a tergo della scogliera rinverdita che impedisce lo sviluppo delle radici dei salici in profondità.



Foto 317 Mancato ricaccio delle talee di salice dopo un anno benché inserite in profondità durante la costruzione. Probabili cause: mancata potatura a 10-15 cm, massi troppo grandi e quindi mancata circolazione d'acqua. (Alta Val Uque – UD – foto G. Sauli giugno 2011)





Foto 318 Scogliere con massi legati e talee di salice. Cedimenti localizzati, per mancanza di piloti di fissaggio, a seguito dell'evento alluvionale del 2003 (T. Slizza – Foto G. Sauli)



Foto 319 Idem dopo 8 anni con piena riuscita dello sviluppo dei salici (T. Slizza – Foto G. Sauli maggio 2011)

### 8.1.15 Muri cellulari

I muri cellulari o alveolari ( crib wall) sono considerabili interventi al limite della definizione di ingegneria naturalistica, specialmente se vengono abbinati a specie rampicanti o tappezzanti esotiche.



Foto 320 Muri cellulari con impiego di *Mesembryanthemum* quale esempio di falsa ingegneria naturalistica



Foto 321

## 9 L'INGEGNERIA NATURALISTICA NEGLI INTERVENTI DI MANUTENZIONE

### 9.1 Monitoraggio e manutenzione degli interventi di Ingegneria naturalistica su corsi d'acqua e versanti

Si possono distinguere due categorie di interventi:

- quelli manutentori veri e propri quali ad esempio: sfalci, potature ripiantagioni per fallanze, ripristino di parti strutturali difettose o con cedimenti, ecc.
- i rifacimenti completi di interi interventi precedenti o la realizzazione di nuovi interventi intesi ad esempio come manutenzioni straordinarie di corsi d'acqua in tratti in erosione o in corrispondenza di vecchie opere ammalorate.

#### 9.1.1 *Veri e propri interventi di manutenzione*

Sono interventi periodici tesi a migliorare:

- a. lo sviluppo della vegetazione quali:
  - sfalci periodici dei cotici erbosi, da effettuare specialmente nelle prime due stagioni finalizzati al rinforzo dei cotici stessi, all'affermarsi delle graminacee sulle infestanti, a tenere a freno lo sviluppo concorrenziale delle erbe nei confronti degli arbusti che ne vengono soffocati i primi anni del loro sviluppo;
  - risemine integrative;
  - potatura dello sviluppo delle parti verdi da talee, finalizzata a rinforzare le piante specialmente nello sviluppo radicale. Anche i rami si rinforzano nel ricaccio successivo;
  - rimessa a dimora di talee in caso di mancati attecchimenti;
  - potatura di arbusti ed alberi nelle parti deboli o secche delle ramificazioni in modo da rinforzare le piante stesse;
  - rimessa a dimora di piante in caso di mancati attecchimenti.



Foto 322

- b. la durata delle parti strutturali quali:
  - tronchi ammalorati in palificate e grate;
  - cedimenti ed erosioni in gabbionate e strutture in rete metallica;
  - erosioni spondali per eventi di piena

Va rimarcato che ad oggi tali interventi di manutenzione su opere di ingegneria naturalistica vengono effettuati solo in singole regioni (ad es. Trentino – Alto Adige)





Foto 323 Cedimenti spondali a seguito di eventi alluvionali di debris-flow (Rio Bianco di S. Caterina – Valcanale –UD)(foto G. Sauli, 2003)



Foto 324 Ibidem interventi manutentori di ripristino (Foto G. Sauli 2006)



Foto 325 Cedimenti della sponda-versante e imposta della briglia a seguito di evento alluvionale di debris-flow (Rio Anonimo – Valcanale – foto G. Sauli 2003)



Foto 326 e Foto 327 Palificate ammalorate per cedimento della struttura lignea da rifare (Foto G. Sauli)

### 9.1.2 *Interventi di Ingegneria Naturalistica intesi come opere di manutenzione*

Spesso opere di ingegneria in ambito di sistemazioni idrauliche e di versante sono effettuati nell'ambito di interventi di manutenzione ordinaria e/o straordinaria. Va ricordato che l'origine storica delle tecniche di Ingegneria Naturalistica nasce appunto nei territori montani come interventi di tipo manutentorio e nell'ambito delle sistemazioni idraulico – forestali.

## **9.2 Monitoraggio e manutenzione nelle infrastrutture lineari (da Linea guida strade ISPRA 2010)**

Si parte dal riconoscimento dello stato attuale (ultimo decennio) degli interventi di manutenzione del verde sulle strade che sono sostanzialmente limitati a sfalcio e pulizia delle scarpate inerbiti e spesso aggredite da infestanti (erbe e arbusti). Tali interventi di pulizia sono ovviamente indispensabili per garantire la funzionalità gestionale delle strutture viarie.

Talvolta però interventi di rivegetazione combinati con tecniche di IN o di verde tecnico eseguiti negli ultimi anni sono stati danneggiati o addirittura distrutti dalle manutenzioni di “pulizia” che non hanno riconosciuto la presenza di tali interventi innovativi e quindi la necessità di trattamenti manutentivi particolari.

Va ormai riconosciuto che gli interventi di manutenzione del verde stradale sono da intendere con due finalità principali:

Manutenzione in funzione della strada

Manutenzione in funzione del verde

### **9.2.1 Manutenzione in funzione della strada**

Si intendono tutti gli interventi classici di pulizia, sfalcio, decespugliamento, ecc. finalizzati alla pulizia appunto ed al mantenimento delle funzionalità della struttura viaria relativi in genere alle immediate adiacenze della strada quali:

- sgombero laterale delle scarpate a fianco della carreggiata (sono in genere da considerare fasce funzionali di 2 m per le strade statali e di 4 m per le autostrade);
- sagoma limite dei camion (scarpate o terre rinforzate vegetate di controripa (in elevazione rispetto alla strada);
- mantenimento della visibilità agli innesti di viabilità laterale e quindi taglio di eventuale vegetazione arborea – arbustiva insediata;
- altri

Tali interventi vengono normalmente eseguiti su tutte le strade a carico degli Enti competenti con mezzi e modalità classiche ben note e regolate dai capitolati di manutenzione esistenti e gestiti con personale interno o appaltati a ditte specializzate.

### **9.2.2 Manutenzione in funzione del verde**

Meno noti e curati sono gli interventi in funzione del verde, cioè quegli interventi finalizzati alla miglior crescita e sviluppo della vegetazione piantata sulle scarpate stradali.

Mancano in particolare o non sono sufficientemente dettagliati nei capitolati degli appalti di manutenzione, quelli che riguardano le strutture combinate con il verde e in genere le tecniche di IN e di verde tecnico che si vanno realizzando negli ultimi anni (terre rinforzate verdi, rivestimenti vegetativi in reti e stuoie, barriere verdi antirumore palificate e grate vive, ecc.) e che richiedono attenzioni e modalità di esecuzione particolari.

### **9.2.3 Principi e metodi**

Gli interventi di rivegetazione attuati secondo i principi e metodi dell'IN vengono in genere progettati per avere una sostanziale autonomia gestionale che è basata su alcuni presupposti:

- Interventi manutentivi (irrigazione, sfalci, potature, ecc.) limitati alle prime 2 – 3 stagioni vegetative
- Sostanziale autonomia nelle fasi successive di sviluppo (salvo i citati interventi per eliminare le interferenze)



- Raggiungimento nel medio periodo di accrescimenti atti a garantire l'efficacia funzionale delle piante (ad esempio mascheramento visuale e funzione antiabbagliamento)
- Raggiungimento nel medio - lungo periodo di efficacia funzionale legata all'azione stabilizzante sul suolo delle radici
- Raggiungimento del **massimo livello di biodiversità** compatibile con le funzioni tecniche di cui sopra (**stadio della serie dinamica coerente con le condizioni stazionali e funzionali dell'intervento**)

Gli obiettivi di cui sopra e in particolare l'autonomia nel breve periodo della vegetazione, si raggiungono, come già detto, principalmente utilizzando specie autoctone della serie dinamica potenziale del sito (Foto scarpata di Aurisina varie fasi nel tempo).

#### ***9.2.4 Gli interventi di potatura quale fonte di materiale da propagazione***

Va segnalato che gli interventi di potatura di arbusti e alberi con capacità di riproduzione per via vegetativa tramite talea legnosa (salici, pioppi, tamerici) possono diventare fonte di facile approvvigionamento di ramaglia viva per altri interventi di piantagione su scarpate, versanti o strutture di IN senza ricorrere al prelievo in natura. Le piante adulte sopportano molto bene tali potature e ricacciano in tempi brevi salvo rispetto di normali precauzioni (evitare il taglio raso, non ripetere con eccessiva frequenza, operare nei periodi stagionali indicati (autunno-inverno).

#### ***9.2.5 Modalità particolari di esecuzione degli interventi di manutenzione del verde da impianto***

Le operazioni di manutenzione del verde da impianto hanno modalità particolari che variano a seconda della tipologia di verde e di struttura. In genere anche le macchine normalmente usate hanno delle limitazioni di impiego (dischi rotanti e barre falcianti poco adatti in vicinanza a reti e strutture, meglio decespugliatori a filo e interventi manuali).

Si riportano di seguito alcune tipologie più diffuse e/o caratteristiche e relativi interventi manutentivi:

1. Piantagione di arbusti su scarpate e aiole:
  - sfalcio di pulizia per liberare gli arbusti da soffocamento delle erbe
  - potature di irrobustimento di alberi e arbusti
2. Siepi, siepi a tetto, sieponi a muro, fasce boscate
  - potature di irrobustimento di alberi e arbusti
  - potature scolpite di siepi a tetto e sieponi a muro
3. Terre rinforzate verdi (di sostegno del rilevato):
  - Sfalci di pulizia primi 2 m dal ciglio della carreggiata soprastante
  - Resto scarpata nessun intervento
  - autopotatura di specie arbustive che superano le maglie di reti e griglie e successivo ricaccio



Foto 328 Esempio di terra rinforzata verde con massiccio sviluppo di vegetazione arbustiva senza necessità di manutenzione fatto salvo lo sgombero funzionale dei primi 2 metri dalla carreggiata



Foto 329 Esempio di autopotatura di specie arbustive che superano le maglie di reti e griglie e successivo ricaccio

4. Terre rinforzate verdi (di controripa) :

- sfalci di pulizia
- potature di arbusti in funzione della non interferenza con il normale svolgimento del traffico (altezza e sagoma dei mezzi pesanti)

5. Muri cellulari vegetati:

- estirpazione delle infestanti (primo anno)
- potature di irrobustimento (primo anno)

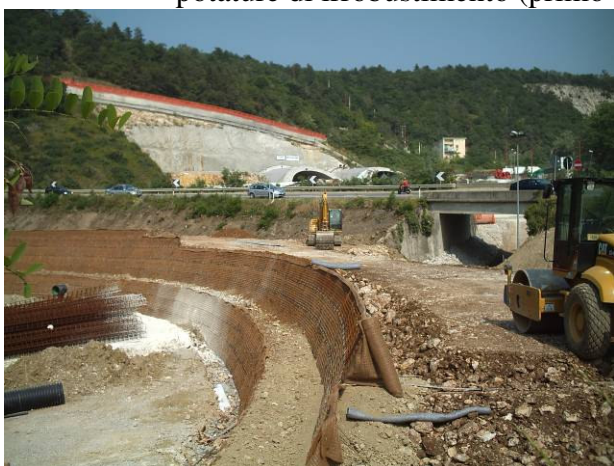


Foto 330 Area svincolo Cattinara – Castelli, curvone con terre rinforzate verdi messa in opera di talee ed arbusti durante la costruzione (Foto: V. Zago, giugno 2005 )



Foto 331 Area svincolo Cattinara – Castelli, curvone con terre rinforzate verdi dopo 4 anni (Foto: G. Sauli, agosto 2009 )



Foto 332 Inverio muro verde settembre 2003



E' intuitivo che le strutture in cls non temono danneggiamenti da parte delle macchine operatrici che non possono casomai essere usate per il motivo opposto.

6. Barriere verdi antirumore (a terrapieno compresso) (foto Baveno, in legno ad albero di Natale, in cls)
7. Barriere in terra rinforzata doppia (antisvio Torino – Novara autostrada vs ferrovia)
8. Interventi di rivegetazione delle scarpate in ombra dei viadotti (autostr. Brennero, GVT via Caboto)
9. Vasche di prima pioggia come habitat umidi o a secco
10. Strutture di deframmentazione di habitat faunistici
11. Interventi a verde nelle aree di servizio e verde ornamentale

### **9.3 Cartelli segnalatori degli interventi a verde e di IN**

In sede esecutiva vanno progettati e realizzati cartelli segnalatori della presenza sulle scarpate di interventi particolari non sempre chiaramente riconoscibili e interpretabili dalle imprese incaricate delle manutenzioni del verde. Ciò al fine di evitare che le macchine utilizzate per gli interventi di diserbo e decespugliamento si avvicinino per sbaglio alle strutture stesse con effetti negativi a doppio senso.

Si individuano due tipologie principali di segnalazione di seguito descritte.

#### *Segnalatori della presenza di strutture particolari*

E' relativa alla presenza sulle scarpate di strutture derivanti dall'impiego di tecniche di IN

Ad esempio vanno segnalate:

- tutte le strutture combinate di IN quali palificate e grate vive con talee ed arbusti radicati;
- la presenza di stuoie e reti deposte sul terreno sulle scarpate che diventano invisibili una volta inerite (foto S. Donà);
- barriere fonoisolanti in terrapieni compressi (foto Baveno-Trafori) o doppie terre verdi rinforzate rivegetati ad arbusti;
- terre rinforzate verdi vegetate ad arbusti;
- altre.
- 

#### *Segnalatori di modalità particolari di manutenzione non distruttiva*

Altrettanto dicasi per le scarpate oggetto di messa a dimora di arbusti ed alberi, specie nei primi anni di crescita quando la loro taglia non supera 1 metro di altezza; infatti, spesso in tali strutture gli arbusti vanno potati e non eradicati o tranciati drasticamente in quanto sono viste dagli operatori come vegetazione infestante da sfalciare.

#### *Interventi di piantagione di rampicanti in contrasto con precedenti interventi a verde*

In molti casi gli Enti gestori ricorrono alla piantagione di rampicanti (come l'Edera) che soffocano nel tempo ogni altra forma di vegetazione erbacea ed arbustiva, realizzata a caro prezzo in abbinamento con elementi strutturali (ad es. terre rinforzate verdi). Ciò è evidentemente fatto per risparmiare sulle manutenzioni stravolgendo però il significato dell'intervento di IN, infatti il rampicante non dà nessun contributo antierosivo o di stabilizzazione ed inoltre azzerà il contenuto di biodiversità fornito dalle specie autoctone messe a dimora o sviluppatesi nel tempo in termini di dinamismo della vegetazione.



Foto 333 Rivestimento vegetativo in rete metallica e stuoie organiche con semine e messa a dimora di talee di salice su rilevato in argille stabilizzate a calce (SP 56 S. Donà VE – Foto G. Sauli 2004)



Foto 334 Idem manutenzioni con barra rotante – Foto G. Sauli 2006)



Foto 335 Idem conseguenza dell'uso della barra rotante sulle reti del rivestimento vegetativo ( Foto G. Sauli 2006)

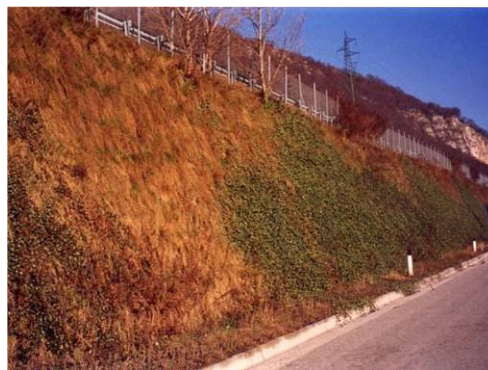


Foto 336 L' uso di edera rampicante su cotici erbosi paraturali su terre rinforzate verdi soffoca le specie del prato – pascolo ed azzerla la biodiversità (Autostrada V. Veneto – Pian di Vedoia loc. Fadalto – Foto G. Sauli)



Foto 337 Idem copertura quasi totale del rampicante



Foto 338 Potature drastiche e piantagione di rampicanti per eliminare problemi di manutenzioni periodiche di specie arbustive si TRV (Foto Sauli – Inventario aut. Dei Trafori)



Foto 339 - Potature drastiche e piantagione di rampicanti per eliminare problemi di manutenzioni periodiche di specie arbustive si TRV (Foto Sauli – Inventario aut. Dei Trafori)muro verde settembre 2003



## 10 CONCLUSIONI

### 10.1 Considerazioni conclusive sulla deontologia teorico – pratica dell’Ingegneria Naturalistica

Gli esempi citati nei capitoli di cui sopra e molti altri visibili in tutta Italia fanno pensare che per motivi vari vengono oggi spesso disattesi i principi base dell’IN.

La finalità Naturalistica citata in premessa in particolare è la più disattesa e vale forse la pena di riaffermare nel dettaglio quali sono i risultati attesi in merito quando si realizza un intervento di IN. Si tratta in concreto di applicare quanto segue:

- A - Uso di piante vive autoctone** con ruolo funzionale e naturalistico;
- B - Innesco di un dinamismo** che porta nel breve periodo a sostituire il ruolo funzionale dei materiali morti con quelli vivi;
- C - Ricostruire (e mantenere) livelli di naturalità e biodiversità**, quale meta primaria degli interventi di IN.

Si assiste invece spesso ad una sorta di “ritualizzazione” dell’Ingegneria Naturalistica in cui prevale la parte tecnica ed è secondaria (o completamente assente) la componente naturalistica.

Ciò avviene per vari motivi:

1. **inesperienza:** è il caso migliore, in cui l’eventuale fallimento della parte viva è involontario e va ad implementare il patrimonio di conoscenze del professionista/operatore;
2. **abuso di materiali commerciali:** è il caso ad esempio di venditori che propongono un determinato prodotto/sistema fornendo ai professionisti progetti chiavi in mano preconfezionati ed applicati in funzione della vendita e non del dimensionamento minimo a pari risultato;
3. **risparmio:** regola aurea in tutte le realizzazioni ma che va applicata mai a discapito del risultato e mai operando tagli indiscriminati (vedi somme a disposizione per il verde che vengono dirottate su altre lavorazioni più convenienti per l’impresa);
4. **ignoranza e disaffezione dei professionisti:** fa il paio con il punto precedente. Il progettista delle costruzioni opera preferibilmente con tecniche e materiali tradizionali, ignorando le possibilità alternative fornite dall’IN e trascurando comunque controlli, collaudi, monitoraggi e manutenzioni delle opere in verde;
5. **uso di miscele di sementi specie esotiche** con forti capacità di radicazione, che risolverebbero ogni problema di suoli in erosione con un rimedio unico che dovrebbe valere per ogni situazione;
6. **uso di piante esotiche** ma che resistono a condizioni climatiche di forte aridità estiva tipiche delle regioni meridionali.

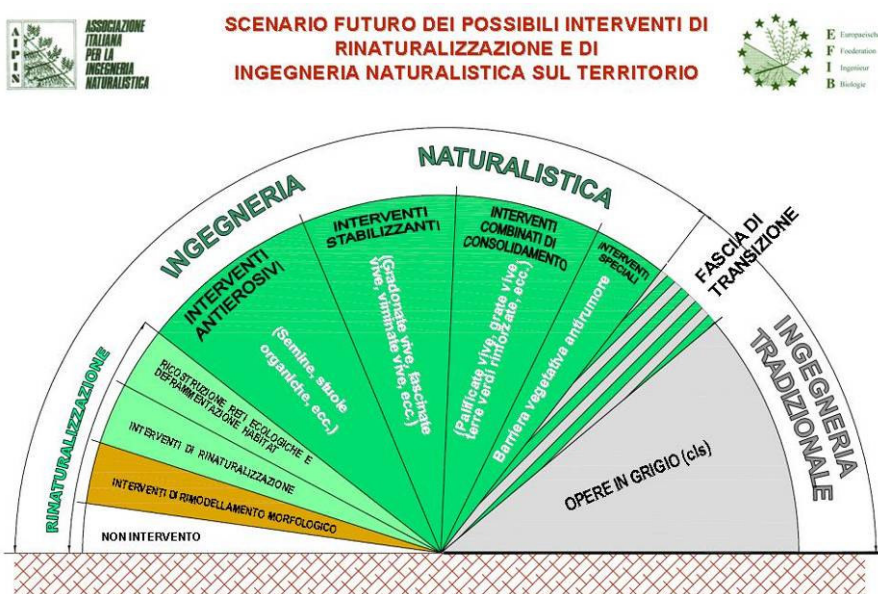
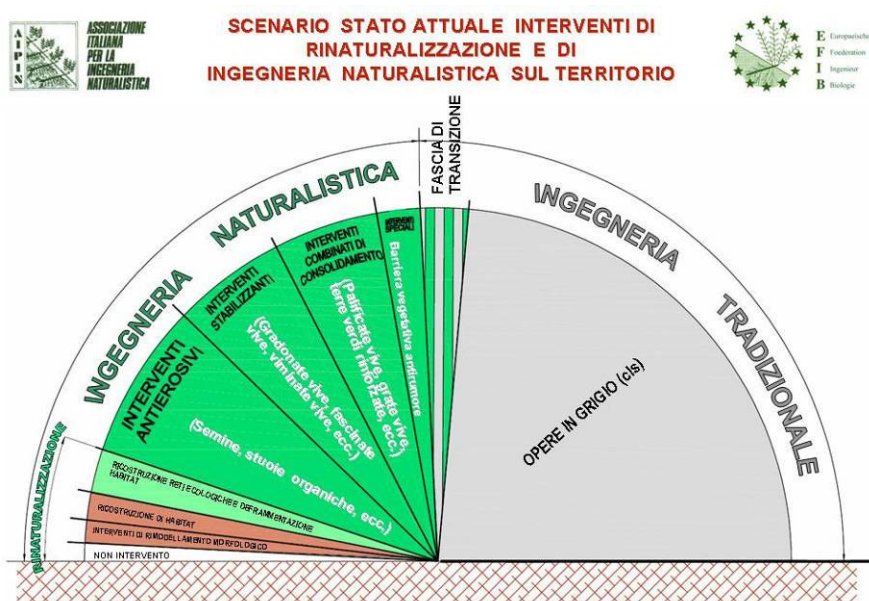
Valgono le seguenti considerazioni:

- L’uso di specie esotiche contrasta con le finalità di cui ai punti A e C precedenti che sono comunemente accettate e prescritte da tutti gli Enti (in primis il Ministero Ambiente, le Regioni, ma anche gli E.E.L.L.).
- L’uso di tali specie non è giustificato, vista la grande ricchezza floristica italiana che mette a disposizione oltre 6.000 specie tra le quali vanno ricercate quelle con caratteristiche biotecniche di radicazione e di resistenza alle condizioni microclimatiche e di pionierismo estremo.

- Tali regole valgono anche in funzione del possibile pericolo di infestazione derivante dall'impiego di specie di nuova introduzione non sufficientemente testate. Merita ricordare alcuni casi tragici del passato (robinia, ailanto, ecc.) che hanno provocato alterazioni disastrose e irreversibili negli habitat naturali nel paesaggio a spese delle specie originarie, con gravi danni anche economici.

## 10.2 Auspicio

Quale auspicio finale per il futuro dell'Ingegneria Naturalistica vale quanto raffigurato nei due schemi di seguito riportati, cioè che lo spazio data alle tecniche naturalistiche diventi sempre maggiore (NB la grafica è solo indicativa e non presenta un riscontro quantitativo), pure rispettando le limitazioni di impiego più volte citate.





### 10.3 Regole di buone pratiche nella realizzazione delle tecniche di ingegneria naturalistica

Valgono alcune regole di buone pratiche come di seguito elencate e riferite alle tecniche classiche usate su versanti e sponde:

- eseguire sempre la cosiddetta "prova picchetto" o prova di infissione prima di ordinare le quantità necessarie di staffe, picchetti, barre, ecc. di materiali sia metallici che lignei. Si eviteranno sovra o sottodimensionamenti e spiacevoli sorprese in cantiere (caso classico le staffe che si piegano per diametro insufficiente);
- rispettare le giuste stagioni per gli interventi con materiale vivo in funzione del gradiente latitudine/altitudine (durante il periodo di riposo vegetativo e comunque mai d'estate);
- rispettare il verso di crescita nella posa delle talee legnose;
- le talee non devono sporgere più di 10 – 15 cm pena l'essiccamento del legno in eccesso;
- in palificate e scogliere le talee devono toccare il terreno retrostante ed essere inserite quindi in profondità durante la costruzione e non infisse per pochi decimetri dopo la costruzione;
- rispettare inclinazione e profondità di inserimento delle talee legnose in funzione del substrato (gradonate, cordonate, viminate); nei substrati drenanti e negli inerti di riempimento la talea va posta in profondità e quindi durante la costruzione (a toccare la parete posteriore dello scavo in caso di palificate, scogliere in massi, rilevati armati, gabbionate, ecc.) e non dopo e quindi per una profondità insufficiente, pena attecchimento effimero seguito da essiccazione;
- durante il primo anno dalla realizzazione si vengono a determinare le maggiori possibilità di insuccesso non facilmente generalizzabili, ma comunque ascrivibili quasi sempre alla non osservanza delle necessità vitali del materiale vegetale vivo durante la sua manipolazione nella fase costruttiva e soprattutto quelle derivate da manutenzioni effettuate senza le dovute cure; da non sottovalutare inoltre i danni spesso irreparabili dovuti all'azione di animali selvatici e non;
- non utilizzare terreno vegetale nello strato esterno di riempimento delle terre verdi rinforzate e porre poca cura nella sua compattazione cosa che porta a deformazioni irreversibili della struttura. Il mancato utilizzo della terra vegetale comporta la preclusione all'attecchimento di qualsiasi tipo di materiale vegetale vivo, compreso quello derivante da idrosemina;
- mancata messa a dimora di specie arbustive nelle terre rinforzate in cui, per la morfologia sub verticale, la vocazione e destinazione finale del verde è la siepe arbustiva e non il prato;
- utilizzare materiali inadeguati per il fissaggio dei tronchi in grate e palificate: filo di ferro e cambre al posto di tondini d'armatura di diametro adeguato (si usa in genere il diam. 14 mm);
- effettuare il preforo nei tronchi per l'infissione delle chiodature (si parla di chiodature in senso generale e non con riferimento ai chiodi che si usano in carpenteria che sono assolutamente insufficienti);
- realizzare incisioni nei tronchi per creare il contatto tra trasversali e longitudinali sempre nel tronco superiore, per evitare i ristagni d'acqua e rapide marcescenze;
- dare la giusta inclinazione a reggi poggio agli scavi fondazionali delle tecniche consolidanti (palificate, terre rinforzate, gabbionate, ecc.);
- evitare l'effetto "slitta" nelle palificate iniziando il primo rango con i tronchi posti longitudinalmente;
- effettuare i giusti incastri per la continuità strutturale dei tronchi;

- non rispettare i limiti dimensionali. Ad esempio le palificate non si realizzano mai di altezze superiori ai 2,5 – 3 m di altezza, si tiene conto infatti della decadenza nel tempo del legno morto, la cui funzione consolidante viene gradualmente sostituita dall'azione delle radici delle piante, che hanno limiti ben precisi in tal senso;
- non effettuare i giusti ammorsamenti laterali nel caso di briglie in legname e pietrame;
- non utilizzare pietrame sottodimensionato;
- regola de:
  - il miglior provvedimento antiersivo non può sostituire un intervento stabilizzante;
  - il miglior intervento stabilizzante non può sostituire un intervento di consolidamento.

#### **10.4 Decalogo dell'Ingegneria Naturalistica**

Nelle Appendici C e D vengono riportati in forma figurata e in forma scritta una sorta di decaloghi finali riassuntivi “del come fare e non fare” dell'Ingegneria Naturalistica, regole che andranno sicuramente implementate man mano che le vere buone pratiche si andranno affermando.



## 11 BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. *Autoroute et Grand Gibier*. Ministère de L'Agriculture - Centre Tehnique du gène rural, des eaux et des forêts Groupement Technique Forestier - division " Loisirs et Chasse" – 1978
- AA.VV. *Impact des routes et autoroutes sur la faune*. Ministère Des Trasports -Direction des Routes et de la Circulation routière - Division des Liasons interurbaines Setra Parigi – 1978
- AA.VV *Manuale tecnico di IN*. Regione Emilia Romagna, Assessorato all'ambiente, Regione del Veneto Assessorato Agricoltura e Foreste - 1993
- AA.VV. *Ambiente, fauna e traffico* Office National De La Chasse - Parigi Rivista Habitat - 1994
- AA.VV. *Traffico e fauna selvatica. L'esperienza francese*. Office National De La Chasse Parigi - (Parte seconda) - Rivista Habitat - 1994
- AA.VV *Opere e tecniche di IN e recupero ambientale*. Regione Liguria, Ass. edilizia, Energia e Difesa del suolo – 1995
- AA.VV *Infrastrutture stradali e frammentazione degli habitat* I.E.N.E. (Infra-Eco-Network-Europe)
- AA.VV *Interactions entre les réseaux de la faune et des voies de circulation*. Dipartimento federale dell'ambiente dei trasporti dell'energia e delle comunicazioni, Zurigo – 2000
- AA.VV *Bases pour la directive “Planification et construction de passages à faune à travers des voies de communication“* . Dipartimento federale dell'ambiente dei trasporti dell'energia e delle comunicazioni, Zurigo – 2001
- AA.VV *Cost 341-Habitat fragmentation due to transportation infrastructure*. European review. European Commission Bruxelles - 2002
- AA.VV *Interventi di sistemazione del territorio con tecniche di IN*. Regione Piemonte Direzione tutela e risanamento ambientale, Programmazione gestione rifiuti; Direzione Opere Pubbliche - 2003
- AA. VV. *Linee guida per capitolati speciali per interventi di IN*. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio – PODIS - 2006
- AA. VV. *Linee guida alla progettazione degli interventi di IN nelle Marche*. Sezione Regionale AIPIN Marche – 2010
- AA.VV. *Glossario dinamico per l'ambiente e il paesaggio*. in ISPRA - CATAP, *Ambiente, paesaggio e infrastrutture, Volume III*, ISPRA Manuali e Linee Guida n.78.1/2012
- Bellelli L. et al., 2010, “*Mitigazioni a verde con tecniche di rivegetazione e Ingegneria Naturalistica nel settore delle strade*” In ISPRA - CATAP, *Ambiente, paesaggio e infrastrutture. Volume I*, Manuali e Linee Guida n.65/2010, ISPRA
- Bentivenga M. et al., 2010, “*Interazione fra infrastrutture lineari e patrimonio geologico*” In ISPRA - CATAP, *Ambiente, paesaggio e infrastrutture. Volume I*, Manuali e Linee Guida n.65/2010, ISPRA
- Blasi C. et al., 2010, “*Analisi e progettazione botanica per gli interventi di mitigazione degli impatti delle infrastrutture lineari*” In ISPRA - CATAP, *Ambiente, paesaggio e infrastrutture. Volume I*, Manuali e Linee Guida n.65/2010, ISPRA
- Bundesministerium fur Verkher, *Richtlinien fur den Laerschutz an Strassen RLS -81*. Allgemeines Rundschreiben Strassenbau n.5 - 1981

- Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen Abteilung Strassenbau Strassenverkehr  
*Merkblatt zum Amphibienschutz an Strassen*. Allgemeines Rundschreiben Strassenbau n.2 - 2000
- Concessioni E Costruzioni Autostrade S.P.A. *Capitolato speciale per l'esecuzione delle opere in verde necessarie alla manutenzione, conservazione e rinnovo delle piantagioni e degli spazi verdi dell'autostrada ed elenco prezzi unitari* - 1986
- Cornellini P., 1996: *Interventi di rinaturazione in ambito fluviale con tecniche di ingegneria naturalistica*. Tevere n.2: 22 – 28
- Cornellini P., 1992. *Problematiche ed esempi concreti relativi all'uso delle specie autoctone negli interventi di ripristino in ambito ferroviario*. Verde Ambiente, suppl. n.6: 22-29.
- Cornellini P., 2009 *La palificata loricata*. Acer n. 5
- Cornellini P. *Una nuova tipologia. La palificata viva tipo "Roma"*. Acer 1/2001
- Cornellini P, Crivelli C. Palmeri F., Sauli G., 2001: *Sistemazione idraulica di corsi d'acqua mediterranei* . Acer n.2
- Cornellini P, Crivelli C. Sauli G., 2001: *Dal progetto al collaudo – Le sistemazioni idrauliche del canale di Mergozzo (VB)*. Acer n.4
- Cornellini P., Federico C., Pirrera G., 2009. *Arbusti autoctoni mediterranei per l'ingegneria naturalistica. Primo contributo alla morfometria degli apparati radicali*. Azienda Foreste Demaniali Regione Siciliana.
- Cornellini P. Ferrari R. , 2008 *Manuale di ingegneria naturalistica per le scuole secondarie*. Regione Lazio
- Cornellini P., Palmeri F., Sauli G., 2002. *Le specie autoctone da impiegare negli interventi di ingegneria naturalistica*. Acer n.6.
- Cornellini P. Ruggeri L. 2009 *L'ingegneria naturalistica nella sistemazione idraulica e nella riqualificazione ambientale*. Pag 21-24 De Rerum Natura - Rete delle Riserve Naturali d'Abruzzo
- Cornellini P., Sauli G. 2005 *Esperienze di sistemazioni idrauliche in ambito mediterraneo*. Alberi e territorio n.7-8
- Cornellini P. , Sauli G. *Manuale di indirizzo delle scelte progettuali per interventi di difesa del suolo con tecniche di IN*. PODIS Ministero Dell'Ambiente - 2005
- Cornellini P., Sauli G. 2007 *Atti Jornada: La Bioingeniería en la Restauración Fluvial del Paisaje Mediterráneo “La biongeniería en ámbito mediterráneo y fluvial. Problemática y resultados”* Casa de Cultura Coma i Cros –Salt (Gerona ) Espana 15 febrero
- Cornellini P., Sauli G., 1991. *Mantenimento della diversità biotica negli interventi di rinaturalizzazione con tecniche di ingegneria naturalistica*. Atti Convegno Soc. Ital. di Ecologia “La diversità biotica nella valutazione di impatto ambientale”, L'Aquila, 29 maggio 1991: 75-82.
- Council of Europe *Dispositifs pour la prévention des accidents de la route et des noyades chez les animaux vivant en liberté* Naturopa documentation series n.22 - 1988
- Dinetti M. *Fauna selvatica e strade: più sicurezza per uomo e natura* - Bandecchi & Vivaldi – Pontedera - 1999
- Dinetti M. *Infrastrutture ecologiche*. Il Verde Editoriale - 2000
- Dinetti M. et al. *Atti del convegno: “Infrastrutture viarie e biodiversità. Impatti ambientali e soluzioni di mitigazione”*. Pisa, 25 novembre 2004. Provincia di Pisa e Lipu. Stylgrafica Cascinese, Cascina (PI) – 2005



- Dinetti M. *Rischio di conflitto. Reti ecologiche l'impatto delle strade sulla fauna*. Acer 1/2007 33-35
- Dinetti M. (a cura di) *Infrastrutture di trasporto e biodiversità: lo stato dell'arte in Italia. Il problema della frammentazione degli Habitat causata da autostrade, strade, ferrovie e canali navigabili*. I.E.N.E. (Infra-Eco-Network-Europe), sezione Italia – 2008
- Ferrari R. 2006- *Quaderni di cantiere delle opere di ingegneria naturalistica e manuali di ingegneria naturalistica. Volumi 1 - 18*. Regione Lazio.
- Florineth F. *Prezzi 1994 per i lavori di IN*. Azienda Speciale per la regolazione dei Bacini Montani, Bolzano - 1994
- Florineth F. *Piante al posto del cemento*. Il Verde Editoriale – 2007
- Forschungsgesellschaft für das Strassenwesen (Hrsg.) *Richtlinien für den Lebendverbau an Strassen*. Entwurf Köln – 1971
- Forschungsgesellschaft für das Strassenwesen (Hrsg.) *Richtlinien für die Anlage von Strassen RAS - Ew*. Entwurf Köln – 1987
- Gerber F., Lachat B. *Aménagement de bassins de sécurité et gestion des batraciens en relation avec la construction de l'autoroute A16 à Porrentruy (Jura, Suisse)* Ingenieurbiologie / Geniebiologique 1/04 47-52
- Gerstgraser C. *Ingenieurbiologische bauweisen an fliessgewässern Grundlagen zu bau, belastbarkeiten und wirkungsweisen*. Österreichischer Kunst-und Kulturverlag - 2000
- Koeppel H. *Ingenieurbiologische bauweisen auf Stufe Planung und Projectierung*. Ingenieurbiologie / Geniebiologique 4/09 23-29
- Kompatscher P. *Linee guida per la gestione sostenibile delle acque meteoriche*. Agenzia provinciale per l'ambiente, ufficio tutela acque. Bolzano - 2008
- Krautzer B., Peratoner G., Bozzo F. *Specie erbacee idonee al sito. Produzione del seme ed utilizzo per l'inerbimento in ambiente montano*. Provincia di Pordenone – 2004
- Krell K. *Handbuch für Laermschutz an Strassen und Schienenwegen*. Otto Elsner Verlagsgesellschaft – 1980
- Manfredi A. *La ricostruzione sostenibile. Il modello Versilia*. Comunità Montana Alta Versilia – 2002
- Ministère de l'Environnement et du cadre de vie et Ministère des Transports *Bulletin Officiel, Fascicule special 78-48 bis, Cahier des clauses techniques générales. Fascicule 35, travaux d'espaces verts, d'aires, de sports et de loisirs* – 1978
- Ministère des Transports *Protection de la faune et de la circulation routière*. S.E.T.R.A - 1981
- Ministère des Transports *Impact des routes sur la végétation*. Rapport du groupe de travail S.E.T.R.A - 1983
- Ministère de l'Equipement du logement, de l'aménagement du territoire et des Transports *Routes et faunes sauvage, Actes du colloque*. Strasbourg Conseil de l'Europe, 5-7 giugno 1985
- Ministère de l'Environnement et du cadre de vie et Ministère des Transports *Bulletin Officiel, Fascicule special 80-50 bis, Cahier des clauses techniques générales. Fascicule 35, travaux d'espaces verts, d'aires, de sports et de loisirs, Travaux d'entretien Documents types, Paris* - 1985
- Ministero Dell'ambiente, Servizio Via Commissione Via *Linee guide per capitolati speciali per interventi di IN e lavori di opere a verde*. Prestampa AIPIN- TS – 1997

- Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti *Strade e fauna selvatica: come migliorare la sicurezza*  
Direzione generale della motorizzazione e della sicurezza del trasporto terrestre – 2002
- Ministry of Transport, Public Works and Water Management *Habitat fragmentation and Infrastructures. Proceedings of the International Conference on Habitat fragmentation, Infrastructure and the role of ecological engineering, 17-21 September 1995, Maastricht and the Hague, the Netherlands* 1997. Road and Hydraulic Engineering Division DWW. 1997
- Müller S. & G. Berthoud *Sécurité Faune/Traffic*. Laboratoire des Voies De Circulation, école Polytechnique Fédérale de Lausanne - 1997
- Palmeri F. Et Al. *Manuale tecnico di IN della Provincia di Terni. Applicabilità delle tecniche, limiti e soluzioni*. PTCP Provincia di Terni – 2003
- Paolanti M., 2010, “*Il trattamento dei suoli nei ripristini ambientali legati alle infrastrutture*” In ISPRA - CATAP, *Ambiente, paesaggio e infrastrutture. Volume I*, Manuali e Linee Guida n.65/2010, ISPRA
- Regione Lombardia *Deliberazione Giunta Regionale 29 febbraio 2000 - N. 6/48740 Approvazione direttiva "Quaderno opere tipo di IN. BUR della Lombardia 9 Maggio 2000 1° supplemento straordinario al n. 9 - 2000*
- Regione Toscana *Principi e Linee Guida per l'IN, Voll. 1 e 2, Collana Fiumi e Territorio* – 2000 e 2001
- Reynolds P. *Wildlife corridors and the mitigation of habitat fragmentation. European and North American perspectives* Capreolus Wildlife Consultancy - 1998
- Rümler R. *Ingenieurbologische Bauweisen in Strassenbau*. Strasse, Landschaft, Umwelt 3 -1980-81 – 118-127
- Sauli G. *Soil Biological Engineering Works in the Road Sector and their Applications in Different Climatic Conditions*. The Environment In Road Location And Design. AIPCR Helsinki, 14-15 maggio 1998
- Sauli G. *Utilisation du génie végétal pour la protection des berges en Italie*. Séminaire transnational «au fil de l'eau» Berdes et rivières d'Europe Valence (F) 30/09 – 2/10 1998
- Sauli G. *Casistica di interventi di IN: costi e risultanze*. Atti del Convegno transnazionale "Efficacia e costi degli interventi di IN" EFIB - AIPIN Trieste 25-27 novembre 1999
- Sauli G. *The transfer of soil bioengineering into new climatic, edaphic and floristic zones*. Atti della Conferenza 1999 «Ground and Water Bioengineering for Erosion Control and Slope Stabilization» IECA Manila 19-21 aprile 1999
- Sauli G. *Linee Guida sugli interventi di mitigazione delle grosse infrastrutture soggette a procedura V.I.A.* Commissione V.I.A. Ministero Ambiente – 2003
- Sauli G., “*Interventi di rivegetazione e ingegneria naturalistica nel settore delle infrastrutture di trasporto elettrico*” In ISPRA - CATAP, *Ambiente, paesaggio e infrastrutture. Volume III*, , ISPRA Manuali e Linee Guida n.78.2/2012
- Sauli G., Cornelini P., Preti F. *Manuale d'IN applicabile al settore idraulico*. Regione Lazio - 2002
- Sauli G., Cornelini P., Preti F. *Manuale 2 d'IN applicabile ai settori delle strade, cave, discariche e coste sabbiose*. Regione Lazio - 2003
- Sauli G., Cornelini P., Preti F. *Manuale 3 d'IN Sistemazione dei versanti*. Regione Lazio - 2006
- Sauli G. et al. *Problemi e tecniche negli studi di impatto ambientale delle Grandi Opere*. Colombo – 2006



- Sauli G. et al., 2010, “*Mitigazioni a verde con tecniche di rivegetazione e Ingegneria Naturalistica nel settore delle strade*” In ISPRA - CATAP, *Ambiente, paesaggio e infrastrutture. Volume I*, Manuali e Linee Guida n.65/2010, ISPRA
- Sauli G., Siben S. *Tecniche di rinaturazione e di IN: esperienze europee*. Patron – 1992
- Schweizerische Normenvereinigung *Wildschutz. Grundlagen und Massnahmen* Norm SNV 640 690 – 1968
- Schweizerische Normenvereinigung *Wildschutz. Wildzäune*. Norm SNV 640 693 - 1968
- Schweizerische Normenvereinigung *Wildschutz. Projektierung*. Norm SNV 640 691 – 1969
- Schweizerische Normenvereinigung *Schutz der Lurche. Grundlagen Projektierung von Schutzmassnahmen* Norm SNV 640 697 – 1976
- Schweizerische Normenvereinigung *Bepflanzung, ausführung Lebendverbau*. Norm SNV 640 680 – 1977
- Schiechtl H. M., Stern R. *Bioingegneria forestale, basi, materiali da costruzione vivi, metodi*. Castaldi - 1991
- Schiechtl H. M., Stern R. *IN – Manuale delle costruzioni idrauliche*. ARCA - 1994
- Schiechtl H. M., Stern R. *IN, manuale delle opere in terra*. Castaldi – 1992
- Zeh H. Et Al. *Ingenieurbiologische Uferverbauungen, Bauweisen und Beispiele im Kanton Bern*. Baudirektion des Kantons Bern – 1988
- Zeh H. *Ingenieurbiologische Bauweisen*. Studienbericht Nr. 4. Eidgenössisches Verkehrs und energiewirtschafts departement Bundesamt für Wasserwirtschaft – 1993
- Zeh H. *Tecniche di IN. Rapporto di studio Nr. 4, 1993*. Il Verde Editoriale - 1997
- Zeh H. *Ingenieubiologie – Handbuch Bautypen (plurilingue)*. Hochschulverlag AG an der ETH Zurich 2007

## APPENDICE A – DEFINIZIONI

### Principi e definizioni

Va rimarcato che il termine “Ingegneria Naturalistica” è stato ufficialmente votato in sessione plenaria al convegno di Torino del 1990 quale traduzione del termine originale tedesco “Ingenieurbiologie” (letteralmente “biologia ingegneristica”) superando i termini usati in precedenza: Bioingegneria (che poteva essere confuso con il termine usato in medicina); Bioingegneria Forestale, Bioingegneria Naturalistica.

Si è partiti dalle definizioni e dalle affermazioni dei principi e metodi che dell’Ingegneria Naturalistica sono stati fatti dai padri fondatori della disciplina in Austria nel primo dopoguerra, per arrivare sino ai giorni nostri.

Vengono in tal senso riportati di seguito le definizioni dell’Ingegneria Naturalistica e relativi principi e metodi dedotti dalla letteratura estera ed italiana seguendo un ordine cronologico e riportando in caso di lingua estera anche il testo nella lingua d’origine.

### Definizioni europee

#### Kruedener - Schiechl – Stern

#### INGEGNERIA NATURALISTICA (KRUEDENER, 1951)

È una tecnica costruttiva ingegneristica che si avvale di conoscenze biologiche nell'eseguire costruzioni in terra ed idrauliche e nel consolidare versanti e sponde instabili. Per questo scopo è tipico l'impiego di piante e di parti di piante, messe a dimora in modo tale, da raggiungere nel corso del loro sviluppo, sia da sole, come materiale da costruzione vivo, sia in unione con materiale da costruzione inerte, un consolidamento duraturo delle opere. L'ingegneria naturalistica non va intesa come alternativa, ma come complemento necessario e significativo ai modi di costruzione ingegneristici, puramente tecnici.

### SINONIMI

Ingegneria naturalistica nelle costruzioni in terra = sistemazione a verde; ingegneria naturalistica nelle costruzioni idrauliche = sistemazione in vivo. In Svizzera è definita anche come sistemazione a verde ed in vivo. Come termini sostitutivi generali, nella Repubblica Federale Tedesca sono d'uso comune le definizioni di costruzioni in vivo o sistemazioni in vivo, ma anche di tecnica vegetazionale.

#### Zeh “in litteris” da Zeh 2011 ripreso da un documento anni 80

Was ist Ingenieurbiologie? Ingenieurbiologie ist Bauen mit Pflanzen - im Erdbau, im Wasserbau, mit Hilfsstoffen.

In der Gesellschaft für Ingenieurbiologie Achendefiniert man das so:

Ingenieurbiologie ist eine technisch naturwissenschaftliche Disziplin, die sich mit dem Gebrauch höherer Pflanzen im Bauwesen und vom Verhalten dieser Pflanzen mit Bauwerken befasst. - Die Grundidee ist also das technische Bauen mit Pflanzen.

Die grundsätzlichen Unterschiede zwischen Lebendbau und Hartbau sind im Erdbau z.B. Hangrost oder Buschlagen statt Stützmauern, elastisch und entwässernd statt blockierend und wasseraufhaltend, dem Terrain angepasst statt geradlinig.

(traduzione Sauli 2011)

“cos’è l’Ingegneria Naturalistica? L’Ingegneria Naturalistica è costruire con le piante nelle costruzioni in terra, sistemazioni idrauliche, in combinazione ad altri materiali.

La Gesellschaft für Ingenieurbiologie definisce così:



“L’ingegneria naturalistica è una disciplina tecnico – naturalistica che si occupa dell’uso delle piante superiori nelle costruzioni e sul comportamento di queste piante negli interventi costruttivi. – L’idea base è anche: la costruzione tecnica con le piante.”

Le differenze fondamentali tra costruzione viva e costruzione rigida sono ad esempio Grate vive o Gradonate vive al posto di muri, elastico e che permette lo scorrimento delle acque, al posto di bloccato e che frena le acque, adattato al terreno piuttosto che rettilineo.”

### **Altri autori tedeschi**

L'ingegneria naturalistica è una disciplina tecnico-naturalistica che si occupa dell'utilizzo di piante superiori nelle costruzioni e ne studia il comportamento (Johannsen).

La copertura vegetale stabile protegge il terreno dall'alterazione prodotta dagli agenti atmosferici e dall'erosione. Le radici impediscono lo scivolamento degli strati superficiali (Böll).

Un intervento di ingegneria naturalistica ha le migliori probabilità di successo se si analizzano attentamente le cause e lo sviluppo del problema e su questa base si cercano le soluzioni (Fröhlich).

### **Zeh (da Opere di Ingegneria Naturalistica sulle sponde Ministero dell’Ambiente)**

L'Ingegneria naturalistica è una tecnica ingegneristica per le costruzioni in acqua e nel terreno indirizzata verso un uso naturale del sito e dei materiali. I metodi costruttivi dell'ingegneria naturalistica proteggono il suolo dall'erosione e dagli smottamenti con l'aiuto di piante vive. Se necessario, dovranno anche essere utilizzati dei materiali inerti in collegamento con i materiali vivi. Con queste misure si intende proteggere gli strati di terreno minacciati dall'erosione (sia in superficie che sotto la superficie) con un manto protettivo di vegetazione.

### **Bautypenbuch (Ingegneria Naturalistica- quaderno delle opere tipo) (introduzione di H. M. Schiechl)**

L'ingegneria naturalistica è un settore delle scienze delle costruzioni che persegue obiettivi tecnici, ecologici, paesaggistici ed economici, attraverso l'aggiunta prevalente di materiale da costruzione vivo (sementi, piante, parti di piante e associazioni vegetali di piante). Questi obiettivi vengono raggiunti attraverso una tecnica costruttiva naturaliforme e cioè con l'utilizzo delle molteplici proprietà delle piante.

L'ingegneria naturalistica è da intendere non solo come alternativa, ma come significativo e necessario completamento delle tradizionali opere classiche di ingegneria civile.

I campi di applicazione dell'ingegneria naturalistica sono quelli delle costruzioni idrauliche e di consolidamento e principalmente i consolidamenti dei versanti e delle sponde ed il controllo dell'erosione.

## Gesellschaft für Ingenieurbiologie Da Mitteilungen 23/Februar 2004 Gesellschaft fuer Ingenieurbiologie

Fachartikel	
<p>Heinz H. Sperber</p> <p><b>Ingenieurbologische Bauverfahren – optimal zum Ausgleich von Beeinträchtigungen aus Eingriffen in Natur und Landschaft</b></p>	<p>Denn mit der Eingriffsregelung erstrebt man drei rechtliche Wirkungen:</p>
<p>Aktualisierte Fassung eines Vortrags auf der 11. Tagung der Gesellschaft für Ingenieurbiologie e.V. am 22. und 23. September 2000 in Blaubeuren</p>	<p>➤ <b>Der Umfang des Prüfverfahrens wird beschränkt</b> „Beachtlich ist nur eine erhebliche ... Beeinträchtigung“ von Haushalt oder Bild der Landschaft (GASSNER 1995: 128), um die Regelung benutzerfreundlich zu halten und überhaupt handhaben zu können.</p>
<p><b>1. Ziel der Ingenieurbiologie</b></p>	<p>➤ <b>Vermeidungsgebot</b> Bei Eingriffen müssen alle erheblichen Beeinträchtigungen, die vermeidbar sind, nachweislich unterlassen werden – und zwar quasi als „Erstes Gebot“, sonst wird die Vermeidung als Auflage erteilt.</p>
<p>Unter Ingenieurbiologie wird nach PFLUG (1982: 5) „seit Ende der (19)dreißiger Jahre eine biologisch ausgerichtete Ingenieurbautechnik verstanden, die sich biologischer und landschaftsökologischer Erkenntnisse bei der Errichtung und Erhaltung von Erd-, Wasser- und Verkehrswegebauten sowie bei der Sicherung instabiler Hänge und Ufer bedient. Kennzeichnend dabei ist, daß Pflanzen oder Pflanzenteile als lebende Baustoffe so eingesetzt werden, daß sie im Laufe ihrer Entwicklung in Verbindung mit Boden, Gestein und Bodenwasser den wesentlichen Beitrag zur dauerhaften Sicherung und Erhaltung leisten“. Die Gesellschaft für Ingenieurbiologie (GIB) definierte 1992 ihre Auffassung: „Ingenieurbiologie ist ein biologisch-technisches Fachgebiet, das sich mit der Sicherung von Bauwerken und Nutzungen mittels Pflanzen und Pflanzenbeständen befaßt“.</p>	<p>➤ <b>Ausgleichsgebot</b> Bei Eingriffen müssen alle erheblichen Beeinträchtigungen, die sich nicht vermeiden lassen, nachweislich ausgeglichen werden – mit konkreten, geeigneten, aber auch angemessenen landschaftsbaulichen Massnahmen. Was sich nicht ausgleichen lässt, kann mit Ersatzmassnahmen „kompensiert“ werden. Laut Begründung zum Entwurf des BNatSchG aus dem Februar 2001 bilden jedoch Ausgleichs- und Ersatzmassnahmen eine Einheit, den „Kompensationstatbestand“.</p>
<p>Pflanzen und Pflanzenbestände als Schlüsselemente der ingenieurbologischen Bautechnik führen unter Einbeziehung der abiotischen Medien der Natur dazu, dass die natürlichen Regenerations- und Reifungsprozesse um ein Bauprojekt herum unterstützt und genutzt werden. So kann es unter günstigen Umständen eintreten, dass das ingenieurbologische Bauwerk im „Endstadium von der natürlichen Umgebung nicht mehr zu unterscheiden ist“ (PRÜCKNER 1965: 61).</p>	<p>Die Zeit von 1976 bis 2003 kritisch revidierend muss man bei den diversen Eingriffen tatsächlich, d.h. abseits des Wunschkens des Gesetzgebers, jedoch fast wie immer eine negative ökologische und ästhetische Bilanz ziehen: „Die Natur hat gesetzwidrig draufgezahlt“.</p>
<p><b>2. Ziel der Eingriffsregelung nach §§ 18 und 19 Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG)</b></p>	<p>Daher besteht für die Ingenieurbiologie eine grosse Chance, diese Bilanz verbessern zu helfen.</p>
<p>Der Gesetzgeber erstrebt seit 1976 mit dem BNatSchG, dass der Zustand von Natur und Landschaft nicht verschlechtert werde – also den Stand Dezember 1976 nicht unterschreiten, wohl aber übertreffen dürfe. Mit dem BNatSchG vom 25. März 2002 hat sich an dieser Absicht nichts geändert, wie Tab. 1 wiedergibt.</p>	

### (testo modificato in litteris)

“Unter Ingenieurbiologie wird im deutschsprachigen Raum eine biologisch ausgerichtete Ingenieurbautechnik verstanden die sich biologischer und landschaftsökologischer Erkenntnisse bei der Sicherung und Erhaltung von Böschungen, Hängen, Ufern, Vorländern, Deichen und Deponien vor Erosion bedient. Kennzeichnend dabei ist, dass Pflanzen und Pflanzenteile als lebende Baustoffe so eingesetzt werden, dass sie im Laufe ihrer Entwicklung im Zusammenhang mit Boden und Gestein den wesentlichen Beitrag zur dauerhaften Sicherung leisten. In der Anfangsphase ist oft eine Verbindung mit unbelebten Baustoffen notwendig.“

“Con il termine “ingegneria naturalistica“ si intende una tecnica costruttiva biologico - ingegneristica, che implementa nozioni di biologia e di ecologia del paesaggio nelle opere di sistemazione e protezione di scarpate, versanti, sponde, golene, argini e discariche (mancano settori infrastrutturali) 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, diano il contributo principale ad una sistemazione duratura del terreno. Frequentemente nella fase iniziale si rende necessaria la combinazione con materiali morti.

### EFIB bozza finale direttiva tecnica approvato maggio 2011

Viene riportata la definizione recentemente approvata dalla Federazione europea per l’Ingegneria Naturalistica. Si riporta di seguito:

- La definizione in tedesco
- Il cap. 1 in inglese che comprende la definizione ed altre importanti connotazioni riconosciute nella proposta di direttiva tecnica EU.

### Estratto da: Europäische Richtlinie für Ingenieurbiologie

#### 1.1 Der Begriff Ingenieurbiologie



Ingenieurbiologie ist eine technisch – biologische Disziplin, welche mithilfe von Pflanzen und Pflanzenbestände zur Sicherung von Nutzungen und Bauwerken sowie zur Landschaftsentwicklung beiträgt. Kennzeichen dabei ist, dass Pflanzen und Pflanzenteile als lebende Baustoffe so eingesetzt werden, dass sie im Laufe ihrer Entwicklung im Zusammenhang mit Boden und Gestein einen wesentlichen Beitrag zur dauerhaften Sicherung gegen alle Formen der Erosion leisten. In der Anfangsphase ist häufig eine Verbindung mit unbelebten Baustoffen notwendig, die in einzelnen Fällen den Hauptanteil an tragenden Funktionen übernehmen können.

Bevorzugt werden allerdings organische Materialien, da diese mit zunehmender Stabilisierung der Pflanzendecke verrotten und in den Stoffkreislauf eingehen, ebenso so wie gebietsheimische (autochthone) und standorttypische Pflanzen, da diese die landschaftsgerechte Biodiversität befördern. Planungs- und Bauziele sind Schutz und Sicherung von Nutzflächen und Infrastrukturen sowie Entwicklung von Landschaftselementen.

## 1. Basic principles of soil bioengineering work (versione in inglese)

### 1.1 Definition of soil bioengineering

Soil bioengineering is a discipline that combines technology and biology, making use of plants and plant populations to help protect land use and structures, and contribute to landscape development.

Typically, plants and parts of plants are used as living building materials, in combination with soil and rock, in such a way as to provide an important tool in the course of their development in the long-term protection against all forms of erosion. In the initial phase, they often have to be combined with non-living building materials, which may in some cases perform most of the supporting functions.

The use of organic materials is preferred, however, as these rot and return to the materials cycle as the vegetation cover becomes increasingly stable. Also preferred are indigenous (autochthonous) plants and those typical of the site, as they promote a biodiversity that is suited to the landscape. The planning and construction objective is the protection and stabilisation of usable land and infrastructure as well as the development of landscape elements.

### 1.2 Possibilities and limits of soil bioengineering

The areas of application of soil bioengineering lie in the stabilisation of embankments, slopes, banks, forelands, dykes, dams, landfill sites, post-mining landscapes as well as areas surrounding infrastructure.

- at watercourses: in the protection of banks at risk of erosion using soil bioengineering techniques, channel realignment, the revitalisation of nonnatural waters as well as the increase of retention in floodplains and the improvement of flood control in terms of its ecological efficiency, the protection of land use and the stabilisation of dykes, dams and forelands.
- at embankments and slopes: in the prevention of surface and vertical erosion, the revegetation and stabilisation of landslides and failures as well as the immediate and long-term protection of slopes against landslides by means of roots and soil drainage through plant transpiration.
- in the improvement of the local and regional water regime through suitable soil bioengineering measures, afforestation and restoration of vegetation cover on slopes up to high altitude areas.
- at seashores: in the reinforcement of shores at risk of erosion and the stabilisation of dykes, dunes and forelands.
- in wetland areas: in the creation of suitable habitats.
- in post-mining landscapes and brownfield sites: in the protection and development of new structures and planting of vegetation.

The use of plants is possible wherever there is a potential habitat for vegetation.

A protective and stabilising vegetation cover to prevent erosion can be used as an alternative or useful addition to conventional engineering methods as long as the plants offer sufficient biotechnical properties. When finding solutions, the technical expertise of the engineering disciplines, combined with knowledge from the fields of biology and landscape ecology, is applied to develop permanent vegetation using plants which are suited to local conditions and can perform structural functions. Apart from anti-erosion measures and measures to balance the water regime, soil bioengineering measures also have an effect on the microclimate, biotope structure and landscape. Advantages of soil bioengineering measures compared to conventional engineering methods include:

- Longer and sustained functional development due to the ability of plants and plant communities to develop and regenerate
- Establishment of an advanced plant community of the dynamic vegetation series
- Increase in stability as the plants develop
- Favourable response to disturbance through the natural ability of plants to adapt
- Adaptation of plants to the forces to which they are subjected through elasticity, pull-out resistance and new succession lines
- Structuring function of plants
- Increase in biodiversity and habitat function (ecology)
- Enhancement of landscape (landscape aesthetics)
- Support of socio-economic factors (tourism, local recreation)
- Measures that are low-impact, use little energy and promote the self-development of nature (no regret measures)

The primary use of indigenous plant material and wild species instead of cultivated and alien plants has a number of additional positive effects:

- successful and long-term stabilisation due to optimum adaptation, better adaptation to extreme local conditions and regional climate and geology,
- greater potential for the development of plant communities that are typical of the natural environment,
- better and more sustainable integration into the ecosystem and landscape,
- better cost-benefit ratio and greater cost-efficiency.

When protecting and designing open spaces in urban areas, it is also possible to use non-native species that are suited to local conditions and offer biotechnical properties, as well as ornamental trees and shrubs.

Soil bioengineering reaches its limits where the properties described above, in particular the technical properties of plants, are not sufficient, for example where:

- mechanical forces exceed the resistance of plants and plant populations,
- plants do not have roots deep enough to mitigate embankment failure,
- germination and living conditions are too poor to enable sufficient growth even with the aid of growth-promoting substances (bad lands),
- inappropriate maintenance leads to modified local conditions, which in turn has an adverse effect on stabilisation and drainage behaviour.

When deciding in favour of soil bioengineering solutions, it is necessary to be aware of the disadvantages of soil bioengineering solutions in comparison to conventional engineering methods:

- Soil bioengineering work is linked to the rhythm of plant growth and the disturbance factors of the flora.
- In many cases, more space is required to allow new vegetation to develop.
- As they increase in thickness, plant roots and stems can create stress in gaps of conventional engineering structures.
- As a result of their increasing thickness, roots can lead to the deformation of structures.



- Large woody plants are subject to stress, which leads to a torque acting on the trunk base and different tensions in the area of the root plate.
- This tension may cause the soil to loosen or structures to be lifted.
- Geotechnical limits may be reached.
- Limited calculation possibilities still cause uncertainty.

These 'apparent' disadvantages can often be compensated by systematic time and space management. In many cases, it is possible to identify more advanced soil bioengineering solutions which take into account the surrounding natural environment.

### **Francia (Lachat)**

Estratto da: B. Lachat, Le génie biologique est il toujours du génie biologique? Fachbeitage – Ingenieurbiologie – Génie biologique 3-4 2005

«Techniques alliant les principes de l'écologie et du génie pour concevoir et mettre en oeuvre des ouvrages de stabilisation de talus, de berges et de rives, en utilisant des végétaux vivants comme matériau de base pour confectionner des armatures végétales»

### **Definizioni italiane**

#### **Regione Emilia e Veneto**

"L'ingegneria naturalistica (un tempo denominata "bioingegneria forestale") è una disciplina tecnico-scientifica che studia le modalità di utilizzo, come materiali da costruzione, di piante viventi, di parti di piante o addirittura di intere biocenosi vegetali, spesso in unione con materiali non viventi come pietrame, terra, legname, acciaio" (Schiechl).

Infatti, particolari specie vegetali "pioniere" hanno apparati radicali tali da poter consolidare efficacemente sponde, versanti e scarpate, il tutto unito ad un effetto drenante dovuto alla loro elevata capacità di traspirazione.

Lo scopo dell'ingegneria naturalistica, come sostiene H. Zeh, esperta svizzera di tali tecniche, "non è quello di abbattere le costruzioni ingegneristiche degli ultimi anni, ma quello di vitalizzare il nostro paesaggio già costruito".

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

Resta però altrettanto evidente che a monte di una qualsiasi scelta di intervento sul territorio debba essere verificata, a livello interdisciplinare, l'effettiva necessità dell'opera in sé: si deve sempre prendere in considerazione anche la cosiddetta "opzione zero" o di "non intervento" il cui principio ispiratore è legato al rapporto tra il rischio che un certo potenziale evento dannoso si verifichi ed il costo economico ed ambientale dell'opera medesima.

L'ingegneria naturalistica è, pertanto, un insieme di tecniche, le quali, accelerando i processi naturali in atto, consentono il raggiungimento di precisi obiettivi in tempi più brevi ed a costi sostenibili; ciò richiede un'elevata professionalità in quanto la ricerca di un preciso equilibrio naturale risulta essere complessa anche a causa degli innumerevoli fattori ambientali (temperatura, luce, acqua, suolo, ecc.) che caratterizzano una determinata zona.

Tutto ciò dovrà tradursi in una fase di sperimentazione, già avviata da decenni nelle regioni alpine, ma che nelle zone appenniniche è ancora piuttosto sporadica, al fine di conoscere meglio le caratteristiche biotecniche della vegetazione autoctona e le conseguenti potenzialità di tale affascinante materia.

## **Regione Toscana**

È noto che l'Ingegneria Naturalistica (o Bioingegneria Forestale) è una disciplina tecnico-scientifica che prevede l'utilizzo di materiali costruttivi vivi, da soli o in combinazione con materiali inerti (Schiechtel, 1987) in genere per la realizzazione di sistemazioni a difesa del territorio.

L'efficacia della sistemazione, nelle situazioni meno impegnative, può essere garantita esclusivamente e immediatamente dagli organismi viventi, mentre negli altri casi è indispensabile l'azione integrata tra componenti vive e inerti. La funzione di questi ultimi è quella di garantire la funzionalità dell'opera per un periodo sufficiente alla completa affermazione della vegetazione messa a dimora, dopodiché gli elementi strutturali riducono di importanza (U.S.D.A., 1992).

In particolare i materiali inerti assicurano la stabilità del pendio o della sponda nel periodo critico della germinazione o germogliazione e dello sviluppo radicale.

Secondo Lachat e Paltrinieri (1999), nell'ingegneria naturalistica vera e propria, è l'elemento vegetale che deve stabilizzare e consolidare il suolo e non limitarsi a rappresentare un elemento cosmetico in strutture inerti.

## **Regione Piemonte**

Nell'ampio panorama di attività di prevenzione del dissesto e di misure per la sistemazione e il recupero del territorio si stanno diffondendo sempre più le tecniche di Ingegneria naturalistica.

Questa disciplina prevede l'utilizzo del materiale vegetale vivo e del legname come materiale da costruzione, in abbinamento in taluni casi con materiali inerti, e permette di risolvere un'ampia gamma di problemi che di consolidamento e drenaggio di versanti, scarpate e sponde. È bene sottolineare che l'Ingegneria Naturalistica ha dei limiti e non è la "panacea per tutti i mali", come qualcuno sull'onda di un entusiasmo poco informato e poco professionale vorrebbe far credere, ma è un importante strumento da considerare e utilizzare, talvolta anche in modo integrato con altre tecniche tradizionali.

Spesso le tecniche di Ingegneria Naturalistica rappresentano la soluzione ottimale in molti interventi di consolidamento superficiale e rinverdimento, con un sicuro beneficio su un piano del ristabilimento dei processi biologici e della copertura vegetale, nonché sul piano paesaggistico.

Tale disciplina, sperimentata e collaudata nei paesi di lingua tedesca e nelle regioni del nord - est italiano, è stata ormai recepita sia a livello normativo che tecnico anche nella nostra Regione, dove ha tra l'altro costituito occasione di impiego per la mano d'opera locale e ulteriore motivo per la cura del patrimonio forestale come fonte di materia prima.

## **Regione Campania**

### **Estratto da: BUR Campania (19 Agosto 2002)**

L'Ingegneria Naturalistica è una disciplina tecnico-scientifica che, attraverso metodologie proprie dell'ingegneria e sulla base di criteri meccanici, biologici ed ecologici, utilizza come materiale da costruzione piante vive o parti di esse in abbinamento con altri materiali, (quali: pietrame, legno, terra, biostuoie, geotessili, ecc.)

## **Regione Lombardia**

### **Da: “Direttiva concernente criteri ed indirizzi per l’attuazione degli interventi di ingegneria naturalistica sul territorio della Regione - Del. G. R. del 19 dicembre 1995 – 6/6586”**

“...omissis...In questo ambito si colloca l’ingegneria naturalistica, intesa come tecnica di costruzione del paesaggio che utilizza piante vive o parti di esse in abbinamento con altri materiali inerti per numerosi interventi che, promuovendo processi naturali, sono volti alla ricostruzione ambientale e alla creazione di nuove unità ecosistemiche in grado, per quanto possibile, di auto sostenersi.”

## **Regione Liguria**

### **Estratto dal manuale “Opere e tecniche di ingegneria naturalistica e recupero ambientale”**



L'I.N. utilizza le piante vive o parti di esse come materiale di consolidamento e costruzione, in abbinamento eventuale con altri materiali. In tal senso sono evidenti i limiti, in particolare costruttivi, che tali tecniche non possono superare.

### **Regione Lazio**

L'ingegneria naturalistica è una disciplina tecnica che utilizza le piante vive negli interventi antierosivi e di consolidamento in genere in abbinamento con altri materiali (paglia, legno, pietrame, reti metalliche, biostuoie, geotessuti, ecc.).

I campi di applicazione sono vari e spaziano dai problemi classici di erosione dei versanti, delle frane, delle sistemazioni idrauliche in zona montana, a quelli del reinserimento ambientale delle infrastrutture viarie (scarpate stradali e ferroviarie), delle cave e discariche, delle sponde dei corsi d'acqua, dei consolidamenti costieri, a quelli dei semplici interventi di rinaturalizzazione e ricostruzione di elementi delle reti ecologiche.

### **Estratto da: Manuale di Ingegneria Naturalistica per le scuole secondarie**

L'ingegneria naturalistica (IN) è una disciplina tecnica che utilizza le piante vive negli interventi antierosivi, di consolidamento e di rinaturazione, da sole, o in abbinamento con altri materiali (paglia, legno, pietrame, reti metalliche, biostuoie, geotessuti, etc).

### **Regione Siciliana**

#### **Estratto da: Abaco delle tecniche e Prezzario Opere di Ingegneria Naturalistica per il Piano Paesaggistico Ibleo (ambiti 15, 16 e 17) Gianluigi Pirrera**

Gli interventi prevedono l'utilizzo di tecniche di diverso tipo, per lo più note come "Tecniche di ingegneria naturalistica o bioingegneria" più genericamente appartenenti alle tecniche a basso impatto ambientale. Gli interventi di rinaturazione sono visti come strumenti essenziali per la progettazione o il restauro di ambienti naturali o più in generale per la realizzazione di opere.

Per rinaturazione si intende "creazione di nuova natura" mediante la realizzazione di interventi tendenti ad accelerare quei processi biologici, altrimenti molto lenti, necessari al raggiungimento di un equilibrio naturale stabile ed al miglioramento del quadro globale dell'area in oggetto.

L'Ingegneria Naturalistica è una disciplina tecnico-scientifica che, attraverso metodologie proprie dell'ingegneria e sulla base di criteri meccanici, biologici ed ecologici, utilizza come materiale da costruzione piante vive o parti di esse in abbinamento con altri materiali, quali: pietrame, legno, terra, biostuoie, geotessili, etc.

Per completezza si riporta inoltre la definizione ufficiale del D.P.R. 21.12.99, n° 1999 —Regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici 11.2.94 n° 109, e successive modificazioni□, ove all'art. 2 (Definizioni), comma 1, si intendono al punto —f): opere o lavori di presidio e difesa ambientale e di ingegneria naturalistica: quelli, puntuali o a rete, destinati al risanamento o alla salvaguardia dell'ambiente e del paesaggio.

### **Provincia di Terni**

L'Ingegneria Naturalistica è una disciplina tecnica che utilizza le piante vive o parti di esse nella realizzazione di interventi particolarmente efficaci per la sistemazione dei corsi d'acqua, delle loro sponde e dei versanti, limitando l'azione erosiva degli agenti meteorici, di scarpate e superfici degradate da fattori naturali (dissesto idrogeologico) o antropici (cave, discariche, opere infrastrutturali). Tali tecniche sono caratterizzate da un basso impatto ambientale e si basano essenzialmente sulle caratteristiche biotecniche di alcune specie vegetali, caratteristiche sintetizzabili principalmente nella capacità di sviluppo di un considerevole apparato radicale e nell'elevata capacità di propagazione vegetativa.

Queste qualità sono direttamente funzionali ad un'efficace azione di trattenimento delle particelle di terreno e ad una più veloce e diffusa ricolonizzazione vegetale di ambienti degradati dall'intervento

umano. A questi materiali vivi possono poi essere affiancati sia materiali biodegradabili di origine naturale (legname, piante o loro parti, talee, fibre di cocco, juta, paglia, legname, biostuoie, ecc.) che altri materiali quali pietrame, ferro o prodotti di origine sintetica in diverse combinazioni (geotessili, ecc.), che consentano un consolidamento duraturo delle opere.

## Ministero Ambiente

Il Ministero dell'Ambiente ha prodotto e pubblicato nel tempo alcune linee guida/manuali sull'Ingegneria Naturalistica, citiamo in particolare:

- “Linee guida per capitolati speciali per interventi di Ingegneria Naturalistica” edizione 2006 (Autori: AIPIN et al.) che non contiene definizioni ma solo le descrizioni sotto forma di voci di capitolato di 74 tecniche (+ varianti) di IN e le relative voci di analisi prezzi che ad oggi costituiscono il principale riferimento ufficiale.
- “Manuale di indirizzo delle scelte progettuali per interventi di ingegneria naturalistica” PODIS 2005 (autori: P. Cornellini, G. Sauli et al.) dal quale si riportano in integrale le definizioni e finalità:

L'ingegneria naturalistica è una disciplina tecnica che utilizza le piante vive negli interventi antierosivi e di consolidamento, in genere in abbinamento con altri materiali (paglia, legno, pietrame, reti metalliche, biostuoie, geotessuti, etc).

I campi di applicazione sono vari e spaziano dai problemi classici di erosione dei versanti, delle frane, delle sistemazioni idrauliche in zona montana, a quelli del reinserimento ambientale delle infrastrutture lineari (scarpate stradali e ferroviarie, condotte interrate, canali), a quelli delle cave e discariche, delle sponde dei corsi d'acqua planiziali, degli insediamenti industriali e altre infrastrutture puntuali, dei consolidamenti costieri, a quelli dei semplici interventi di rinaturalizzazione e ricostruzione di elementi delle reti ecologiche.

Le finalità riconosciute degli interventi di ingegneria naturalistica (I.N.) sono principalmente quattro:

**1) tecnico-funzionali:** con riferimento all'efficacia ad esempio antierosiva e di consolidamento di un versante franoso, di una sponda o di una scarpata stradale;

**2) naturalistiche:** in quanto non semplice copertura a verde, ridotta spesso ad una semplice semina, ma ricostruzione o innesco di ecosistemi paraturali mediante impiego di specie autoctone degli stadi delle serie dinamiche della vegetazione naturale potenziale dei siti di intervento;

**3) paesaggistiche:** di “ricucitura” del paesaggio naturale circostante, effetto strettamente collegato all'impiego di specie locali;

**4) economiche:** in quanto strutture competitive e alternative ad opere tradizionali (ad esempio muri di controripa sostituiti da palificate vive o da terre verdi rinforzate).

All'interno del filone dell'ingegneria naturalistica si delineano in realtà tre principali settori, spesso collegati in sede operativa:

- la “rinaturalizzazione” o “rinaturalizzazione” vera e propria cioè la ricostruzione di biotopi o ecosistemi paraturali, non collegata ad interventi funzionali anche se talvolta realizzata quale opera “compensatoria”. Ad esempio la realizzazione di un biotopo umido o di un'area boscata realizzati in zona agricola nell'ambito del progetto di una nuova infrastruttura viaria;
- l'ingegneria naturalistica in senso stretto, cioè la realizzazione di sistemi antierosivi, stabilizzanti o di consolidamento realizzati con piante vive abbinate ad altri materiali, talvolta alternativi ad opere cosiddette “in grigio” cioè realizzate in calcestruzzo;
- i provvedimenti per la fauna, anche semplicemente tecnologici, e in particolare quelli per garantire la continuità degli habitat (rampe di risalita per pesci, sottopassi per anfibi, sottopassi e sovrappassi per ungulati etc).

Gli interventi di I.N. si differenziano da quelli di tipo tradizionale principalmente attraverso le analisi stazionali delle condizioni delle singole superfici di intervento con riferimento ad alcuni parametri fondamentali, la cui conoscenza è condizione prima del successo dell'intervento legato, come si è detto, alla crescita delle piante.

1

## AIPIN

### Estratto da Statuto AIPIN:

“...omissis



1.2. - Il termine Ingegneria Naturalistica viene inteso come l'equivalente del tedesco "Ingenieurbiologie". Per Ingegneria Naturalistica si intende la disciplina tecnico-naturalistica che utilizza:

- le piante vive, o parti di esse, quali materiali da costruzione in abbinamento con altri materiali;
- materiali, anche solo inerti, infrastrutture ed altri provvedimenti volti a fornire condizioni favorevoli alla vita di specie animali;
- tecniche di rinaturalizzazione finalizzate alla realizzazione di ambienti idonei a specie o comunità vegetali e/o animali.

1.3. - Vengono impiegati i termini: "Ingegneria" in quanto si utilizzano dati tecnici e scientifici a fini costruttivi, di consolidamento ed antierosivi; "Naturalistica" in quanto tali funzioni sono legate ad organismi viventi, in prevalenza piante di specie autoctone, con finalità di ricostruzione di ecosistemi tendenti al naturale ed all'aumento della biodiversità.

## Altre

**Estratto da: SAULI G. e A. PONIS, 2010, "Mitigazioni a verde con tecniche di rivegetazione e Ingegneria Naturalistica nel settore delle strade", in ISPRA - CATAP, Ambiente, paesaggio e infrastrutture. Volume I, Manuali e Linee Guida n.65/2010, ISPRA.**

"L'Ingegneria Naturalistica è una disciplina tecnico - naturalistica che utilizza le piante vive autoctone negli interventi antierosivi, stabilizzanti, di consolidamento o anche di semplice rinaturazione, da sole, o in abbinamento con altri materiali tradizionali e non (legname, pietrame, biostuoie, reti metalliche, geosintetici, ecc)".

Le finalità classiche dell' Ingegneria Naturalistica sono le seguenti:

**1) tecnico-funzionali:** con riferimento, ad esempio, all'efficacia antierosiva e di consolidamento di un versante franoso, di una sponda o di una scarpata stradale;

**2) naturalistiche:** in quanto non semplice copertura a verde, ma ricostruzione o innesco di ecosistemi mediante impiego di specie autoctone dei diversi stadi delle serie dinamiche della vegetazione potenziale dei siti di intervento;

**3) paesaggistiche:** di "ricucitura" al paesaggio naturale circostante, effetto strettamente collegato all'impiego di specie autoctone;

**4) economiche:** in quanto strutture competitive e alternative alle opere tradizionali (ad esempio muri in cemento armato sostituiti da palificate vive o da terre verdi rinforzate).

Va inoltre riconosciuta una ulteriore e non meno importante finalità (da: *Linee guida alla progettazione degli interventi di Ingegneria Naturalistica nelle Marche*, 2010 - modificato):

**5) socio-economica:** in quanto gli interventi di Ingegneria Naturalistica determinano un indotto sociale ed economico (sviluppo occupazione ambiti montani e collinari, miglioramento della qualità ambientale, gestione ecocompatibile delle risorse naturali).

## AIDI (Associazione Italiana di Idronomia)

**Definizione presentata in occasione dell'incontro AIDI-AIPIN ("in litteris" D'Agostino 2009):**

"Si definisce Ingegneria Naturalistica la disciplina che tratta le tecniche di protezione, riqualificazione e conservazione del suolo e del territorio, utilizzando come elemento cardine per le funzioni da svolgere nel medio lungo periodo la vegetazione, impiegata sia da sola (tecniche pure), sia - più frequentemente - in combinazione con altri materiali costruttivi di qualsiasi natura (tecniche combinate).

Le principali competenze, affinché gli interventi risultino professionalmente corretti, sono di natura: botanica, idraulico-forestale, idraulica, geotecnica, paesaggistica, statico-strutturale (ingegneristica)."

## **APPENDICE B - NORMATIVE**

Si riportano di seguito le principali normative nazionali e regionali riferibili in maniera indiretta o diretta all'Ingegneria Naturalistica. La sequenza cronologica ha anche valenza di riassunto cronistorico della nascita e progressiva affermazione della disciplina in Italia.

### **Normative nazionali**

**L. 25 luglio 1904 n°523** “Testo unico sulle opere idrauliche”

**D.M.20 agosto 1912** “Approvazione delle norme per la preparazione dei progetti di lavori di sistemazione idraulico-forestale nei bacini montani”

**L. 18 maggio 1989 n°183** “Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo”

**L. 2 maggio 1990 n° 102** “Disposizioni per la ricostruzione e la rinascita della Valtellina.”

**DPCM 23 marzo 1990** “Atto di indirizzo e coordinamento ai fini della elaborazione e della adozione degli schemi previsionali e programmatici di cui all'art. 31 della legge 18 maggio 1989, n. 183, recante norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo” (G.U. n. 79 del 04.04.1990)

**DPR 14 aprile 1993** “Atto di indirizzo e coordinamento alle regioni recante criteri e modalità per la redazione dei programmi di manutenzione idraulica e forestale”

**L. 8 ottobre 1997 n° 344** “Disposizioni per lo sviluppo e la qualificazione degli interventi e dell'occupazione in campo ambientale”

**L. 2 ottobre 1997 n° 345** “Finanziamenti per opere e interventi di viabilità, infrastrutture, di difesa del suolo, nonché per la salvaguardia di Venezia”

**L. 3 agosto 1998 n°267** (conversione con mod. del D.L. 11/06/1998 n°180) “Misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella Regione Campania”

**Testo coordinato D.L. 11 febbraio 1994 n° 109** “Legge quadro coordinata con le modifiche introdotte dal Ddl A.S. 2288 in materia di lavori pubblici. (Merloni Ter 1998)

**D.M. 4 febbraio 1999** “Attuazione dei programmi urgenti per la riduzione del rischio idrogeologico, di cui gli articoli 1, comma 2, e 8, comma 2, del D.L. n°180, convertito, con modificazioni, dalla legge 3 agosto 1998, n°267”

...Sezione 5 - Intervento proposto (corrispondente all'allegato 5).

Descrizione dell'intervento. Si deve indicare la tipologia degli interventi previsti, l'estensione (lunghezza degli argini, superficie del versante da sistemare, volume dell'invaso e dimensione dello sbarramento, ecc.), i materiali utilizzati; l'eventuale ricorso a tecniche **d'ingegneria naturalistica**.

**D.P.R. 2 settembre 1999 n° 348** “Regolamento recante norme tecniche concernenti gli studi di impatto ambientale per alcune categorie di opere”

... 4. Impianti per la produzione dell'energia idroelettrica con potenza di concessione superiore a 30 MW incluse le dighe ed invasi direttamente asserviti.

C) Dighe ed invasi direttamente asserviti: ...

- misure di migliore inserimento nel paesaggio e nell'ecosistema, attraverso l'uso preferenziale di ecosistemi-filtro e di tecniche di **ingegneria naturalistica**

**D. Lgs. 11 maggio 1999, n° 152** “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

**D.P.R. 21 dicembre 1999, n°554** “Regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici 11 febbraio 1994, n°109, e successive modificazioni”

...TITOLO I Organizzazione dei lavori pubblici Capo I – Potestà regolamentare

2. Definizioni.

1. Ai fini del presente regolamento si intende per:

...

f) opere o lavori di presidio e difesa ambientale e di **ingegneria naturalistica**: quelli, puntuali o a rete, destinati al risanamento o alla salvaguardia dell'ambiente e del paesaggio;

...

Capo II - La progettazione Sezione prima: Disposizioni generali

5. Il documento preliminare, con approfondimenti tecnici e amministrativi graduati in rapporto all'entità, alla tipologia e categoria dell'intervento da realizzare, riporta fra l'altro l'indicazione:

a) della situazione iniziale e della possibilità di far ricorso alle tecniche di **ingegneria naturalistica**;

**D.P.R. 25 gennaio 2000, n°34** 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 successive modificazioni.

**OG 13: OPERE DI INGEGNERIA NATURALISTICA(42)**

**D.M. 4 ottobre 2000, n°175** Rideterminazione e aggiornamento dei settori scientifico-disciplinari e definizione delle relative declaratorie, ai sensi dell'art. 2 del decreto ministeriale 23 dicembre 1999

**Allegato. Declaratorie dei settori**

**AGR/08 IDRAULICA AGRARIA E SISTEMAZIONI IDRAULICO-FORESTALI**

Il settore raggruppa i temi di ricerca riguardanti l'idrologia del suolo e dei piccoli bacini e i processi di erosione, e integra i risultati con le conoscenze necessarie per la progettazione di opere di sistemazione idraulico forestale e di captazione, trasporto e tutela dell'acqua per uso agricolo, la definizione e messa a punto di criteri per la gestione delle risorse idriche territoriali. Le competenze formative riguardano l'idraulica agraria e forestale, l'idrologia e difesa del suolo, le tecniche di **ingegneria naturalistica** e le sistemazioni idraulico-forestali, la tutela ambientale e la gestione integrata dei piccoli bacini, le risorse idriche nei sistemi agroforestali, l'approvvigionamento e smaltimento delle acque, gli impianti idrici per l'azienda agraria e le industrie agroindustriali, l'irrigazione e il drenaggio

**L. 23 marzo 2001, n°93** “Disposizioni in campo ambientale”

**L. 1 agosto 2002, n° 166** “disposizioni in materia di infrastrutture e trasporti”

...Art. 7. (Modifiche alla legge 11 febbraio 1994, n. 109. Ulteriori disposizioni concernenti gli appalti e il Consiglio superiore dei lavori pubblici)

1. Nelle more della revisione della legge quadro sui lavori pubblici, anche allo scopo di



adeguare la stessa alle modifiche al titolo V della parte seconda della Costituzione, alla legge 11 febbraio 1994, n. 109, e successive modificazioni, sono apportate le seguenti modificazioni:

a) l'articolo 2 e' sostituito dal seguente: "Art. 2. - (Ambito oggettivo e soggettivo di applicazione della legge). - 1. Ai sensi e per gli effetti della presente legge e del regolamento di cui all'articolo 3, comma 2, si intendono per lavori pubblici, se affidati dai soggetti di cui al comma 2 del presente articolo, le attivita' di costruzione, demolizione, recupero, ristrutturazione, restauro e manutenzione di opere ed impianti, anche di presidio e difesa ambientale e di **ingegneria naturalistica**. Nei contratti misti di lavori, forniture e servizi e nei contratti di forniture o di servizi quando comprendano lavori accessori, si applicano le norme della presente legge qualora i lavori assumano rilievo economico superiore al 50 per cento.

**D.M. 3 settembre 2002**, Linee guida per la gestione dei siti Natura 2000

**Ordinanza P.C.M. dd 20 marzo 2003, n°3274** primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica

**Testo unico in materia ambientale D.Lgs. 03 aprile 2006, n. 152** "Norme in materia ambientale", pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale del 14 aprile 2006, n. 88, S.O.

**D. Lgs n.4 del 16 gennaio 2008** "Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale",

**D. Lgs n.29 giugno 2010, n. 128.**

Modifiche ed integrazioni al decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale, a norma dell'articolo 12 della legge 18 giugno 2009, n. 69.

**D. Lgs n.3 dicembre 2010 , n. 205**

Disposizioni di attuazione della direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 novembre 2008 relativa ai rifiuti e che abroga alcune direttive.

**D. Lgs n.10 dicembre 2010 , n. 219**

Attuazione della direttiva 2008/105/CE relativa a standard di qualità ambientale nel settore della politica delle acque, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE, 86/280/CEE, nonché modifica della direttiva 2000/60/CE e recepimento della direttiva 2009/90/CE che stabilisce, conformemente alla direttiva 2000/60/CE, specifiche tecniche per l'analisi chimica e il monitoraggio dello stato delle acque.

## **Normative regionali**

### **Regione Campania**

- D.G.R. n°3417 dd 12 luglio 2002 "Approvazione del regolamento per l'attuazione degli interventi di ingegneria naturalistica nel territorio della Regione Campania".

### **Regione Emilia-Romagna**

- D.G.R. n°3939 dd 6 settembre 1994 "Direttiva concernente criteri progettuali per l'attuazione degli interventi in materia di difesa del suolo nel territorio della Regione Emilia-Romagna"

- L. R. 30 gennaio 1995, n. 6-Norme in materia di programmazione e pianificazione territoriale, in attuazione della legge 8 giugno 1990, n. 142 e modifiche e d integrazioni alla legislazione urbanistica ed edilizia
- D.G.R. 11 novembre 1997, n. 2019 "Indirizzi per la formulazione di un Regolamento di gestione delle Aree di riequilibrio ecologico"

#### **Regione Friuli-Venezia Giulia**

- Circ. n°7 dd 22 marzo 1994 "La tutela del corso d'acqua: indicazioni e criteri per la formazione degli strumenti urbanistici comunali - contenuti ed elementi nel PRGC; linee guida e documentazioni progettuali finalizzate al rilascio e l'autorizzazione paesaggistica"
- L.R. n°11 dd 22 aprile 2002 "Tutela delle risorse genetiche autoctone di interesse agrario forestale"

#### **Regione Lazio**

- Deliberazione di Giunta Regionale 4340 del 28 maggio 1996 sui criteri progettuali per l'attuazione degli interventi in materia di difesa del suolo.
- L.R. n. 39 del 28 ottobre 2002 "Norme in materia di gestione delle risorse forestali"

#### **Regione Liguria**

- L.R. n° 9 dd 28 gennaio 1993 "Organizzazione regionale della difesa del suolo in applicazione della L. n° 183 dd 18 maggio 1989"

#### **Regione Lombardia**

- D.G.R. n° 32 dd 26 settembre 1992 "Approvazione dei criteri per l'esercizio della subdelega, da parte dei Comuni, delle funzioni amministrative ex L 29 giugno 1939 n° 1497"
- D.G.R. n° 6/6586 dd 19 dicembre 1995 "Direttiva concernente criteri ed indirizzi per l'attuazione degli interventi di I.N. sul territorio della Regione"
- aprile 1996 Programma Regionale di Sviluppo 5.1.5 "Riequilibrio delle condizioni ambientali attraverso la rinaturalizzazione e il recupero ambientale con l'impiego di tecniche di I.N."
- D.G.R. n°6/29567 dd 1 luglio 1997 "Direttiva sull'impiego dei materiali vegetali vivi negli interventi di I.N. in Lombardia"
- D.G.R. n°6/48740 dd 29 febbraio 2000 "Approvazione direttiva "Quaderno opere tipo di ingegneria naturalistica"
- D.G.R. n°7/2571 dd 11 dicembre 2000 "Approvazione direttiva per il reperimento di materiale vegetale vivo nelle aree demaniali da impiegare negli interventi di ingegneria naturalistica"

#### **Regione Marche**

- Circolare n. 1 del 23.01.1997, Criteri ed indirizzi per l'attuazione di interventi in ambito fluviale nel territorio della Regione Marche (B.U.R. n. 11 del 6.02.1997)
- Deliberazione Consiliare n. 147 del 29.04.1997, Programma delle opere pubbliche - Legge regionale 18 aprile 1979, n. 17 (B.U.R. n. 32 del 29.05.1997)
- L.R. 20.06.1997, n. 35, Provvedimenti per lo sviluppo economico, per la tutela e la valorizzazione del territorio montano e modifiche alla legge regionale 16 gennaio 1995, n. 12 (B.U.R. n. 39 del 27.06.1997)
- Regione Marche, Deliberazione Amministrativa n. 218 del 6.10.1998, Nuovo programma specifico regionale di forestazione e determinazione dei criteri e delle procedure per la concessione di contributi (B.U.R. n. 90 del 22.10.1998)

- Deliberazione G.R. n. 3096 SI/PRG del 14.12.1998, L.M. n. 34/92 - Piano d'Inquadramento Territoriale (P.I.T.) - Adozione dello schema di piano (supplemento n. 1 al B.U.R. n. 7 del 28.01.1999)
- L.R. 25 maggio 1999, n. 13, Disciplina regionale della difesa del suolo (B.U.R. n. 57 del 3.06.1999)
- Provincia di Pesaro e Urbino, Deliberazione Consiliare n. 109 del 20.07.2000, Art. 25 L.R. 34/92 – Approvazione del Piano Territoriale di Coordinamento in adeguamento al DPGR n. 43/2000 di conformità (PTC) (Suppl. n. 38 al B.U.R. n. 121 del 23.11.2000)
- Deliberazione Consiliare n. 19 del 9.11.2000, Piano di Sviluppo Rurale (PSR) 2000-2006 della Regione Marche redatto ai sensi del Reg. CE 1257/99 (B.U.R. n. 126 del 4.12.2000)
- Deliberazione amministrativa n. 300 del 29 febbraio 2000 – Approvazione del Piano Straordinario diretto a rimuovere le situazioni a rischio idrogeologico più alto, aggiornato con l'assegnazione agli Enti attuatori con Decreto del Dirigente di Servizio n. 6 del 17/01/2001 (BUR n. 17 del 01.02.2001).
- Provincia di Ancona, Deliberazione Consiglio Provinciale n. 157 del 17.10.2000, Art. 25 L.R. 34/92 – Adozione del Piano Territoriale di Coordinamento (PTC) (supplemento n. 6 al B.U.R. n. 19 del 08.02.2001).
- Delibera n. 15 del 28.06.2001, Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) pubblicato sul Suppl. n. 25 al BUR n. 99 del 06.09.2001.
- Piano Regionale delle Attività Estrattive (P.R.A.E.) pubblicato sul Supplemento n. 18 al BUR n. 80 del 16.07.2002.
- L.R. 23 febbraio 2005, n. 6 Legge forestale regionale, pubblicata nel B.U.R. n. 25 del 10 marzo 2005.
- Aggiornamento a luglio 2009 ed integrazione del Prezzario ufficiale in materia di lavori pubblici (in particolare sezione 17 - Opere di sistemazione idraulica; sezione 23 – Opere forestali e di ingegneria naturalistica). Deliberazione della G.R. n. 1108 del 06.07.2009. Supplemento n. 3 al B.U.R. n. 70 del 23/07/2009.

### **Regione Piemonte**

- L.R. 2 novembre 1982 n°32 “Criteri tecnici per l'individuazione ed il recupero delle aree degradate e per la sistemazione e rinaturalizzazione di sponde ed alvei fluviali e lacustri, procedura amministrativa per la concessione di contributi regionali”
- D.C.R del 31 luglio 1991, n. 250 - 11937-Criteri tecnici per l'individuazione ed il recupero delle aree degradate e per la sistemazione e rinaturalizzazione di sponde ed alvei fluviali e lacustri, procedura amministrativa per la concessione di contributi (L.R. 2 novembre 1982, n. 32 artt. 2 e 12)
- Circolare del Presidente della Giunta Regionale n. 8/EDE del 15.05.1996 “Chiarificazione in ordine alle tipologie di manutenzione ordinaria e straordinaria dei corsi d'acqua non soggette ad autorizzazione ai sensi dell'art.82 del D.P.R. n. 616/1977 in quanto tali da non comportare alterazione permanente dello stato dei luoghi”.
- L.R. n. 40 del 14.12.1998 “Disposizioni concernenti la compatibilità e le procedure di valutazione”



- D.G.R. n. 49-28011 del 02.08.1999 “Approvazione degli indirizzi tecnici e procedurali in materia di manutenzione idraulico-forestale”
- D.G.R. n. 21-9251 del 05.05.2003 “D.P.R. n. 616/77, art. 82 Beni Ambientali. L.R. n. 20 del 03.04.1989 e s.m.i.. Individuazione di criteri per la tutela dei beni culturali, ambientali e paesaggistici”.

#### **Regione Toscana**

- L.R. n° 56 dd 7 marzo 1995 “Istituzione dell’agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana”
- D.C.R. n°155 dd 20 maggio 1997 “Criteri progettuali per l’attuazione degli interventi in materia di difesa idrogeologica”
- L.R. n° 56 dd 6 aprile 2000 “Norme per la conservazione e la tutela degli habitat naturali e seminaturali, della flora e della fauna selvatiche - Modifiche alla L.R. n° 7 dd 23 gennaio 1998 e L.R. n°49 dd 11 aprile 1995”

#### **Regione Umbria**

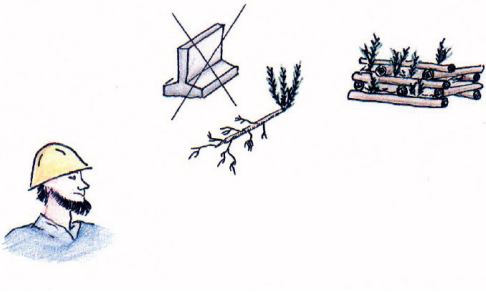
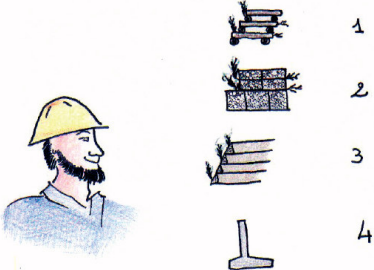


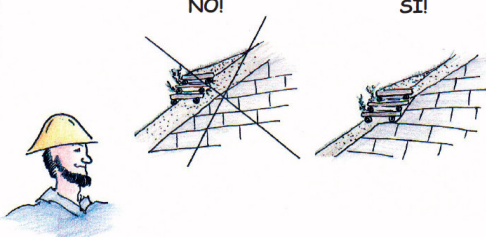

- D.G.R. 13 gennaio 1993, n. 100-“R.D 25 luglio 1904, n. 523. Polizia delle acque pubbliche. Provvedimento in merito alla esecuzione di opere sulle acque pubbliche”
- L.R. dd 27 gennaio 1999 “Piano Urbanistico Territoriale”

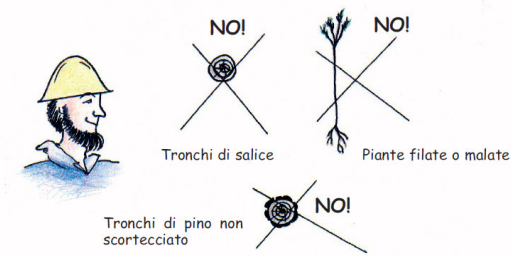
#### **Regione Veneto**

- D.G.R. n° 4003 dd 30 agosto 1994 “Circolare Regionale inerente gli interventi di manutenzione nei corsi d’acqua: aspetti tecnici ed ambientali”
- Circolare 10 ottobre 1994, n. 32 - "Interventi di manutenzione nei corsi d'acqua; aspetti tecnici e ambientali"
- L. 2 ottobre 1997, n. 345- "Finanziamenti per opere e interventi in materia di viabilità, di infrastrutture, di difesa del suolo, nonché per la salvaguardia di Venezia"
- Circ.- D.G.R.- "Interventi di manutenzione nei corsi d'acqua: aspetti tecnici ed ambientali"
- Corte di Cassazione-riguardo a L.R.Veneto 7 settembre 1982 n. 44, norme per la disciplina delle attività estrattive, art. 2, 33.

## APPENDICE C – DECALOGO FIGURATO DELL'INGEGNERIA NATURALISTICA

Decalogo figurato dell'ingegneria naturalistica (ex manuale indirizzo pagg. 381-386)

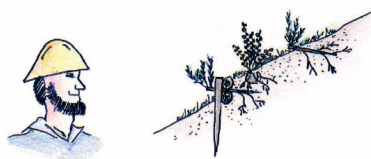
 <p>Salvatore, responsabile del procedimento, ha seguito un corso di ingegneria naturalistica</p>	 <p>Salvatore imposta il documento preliminare per un'opera di sostegno; si chiede, in primis, se le opere vive possano raggiungere l'obiettivo progettuale</p>
 <p>Salvatore esamina il progetto e richiede le analisi mancanti</p>	 <p>No ad elenchi di specie vegetali da bibliografie Si a specie da analisi stazionale floristico vegetazionale</p> <p>Salvatore si assicura che il progetto botanico preveda varie specie autoctone per l'aumento della biodiversità</p>
 <p>Salvatore richiede il profilo stratigrafico per verificare la fattibilità delle opere di ingegneria naturalistica riguardo le fondazioni</p>	 <p>Salvatore si assicura che il progetto degli interventi idraulici sia articolato il più possibile in funzione delle caratteristiche ecomorfologiche e che non sia basato, per pigrizia progettuale, su una sola tipologia</p>



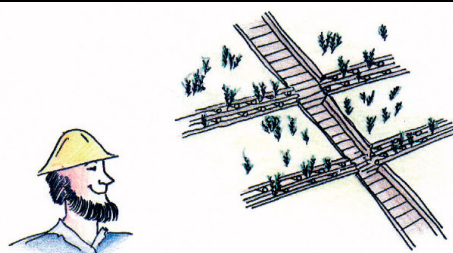
Salvatore si assicura che il direttore lavori controlli la qualità dei materiali vivi e morti scartando quelli inidonei



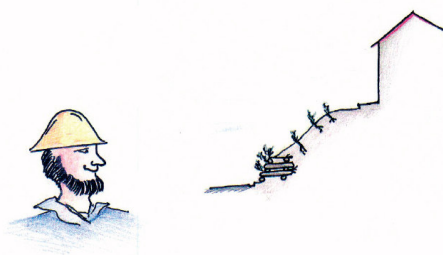
Salvatore insiste per il rispetto delle norme di sicurezza e per la corretta esecuzione dei lavori



Salvatore verifica con particolare attenzione la piantagione del materiale vivo e si assicura della sua manutenzione per almeno due stagioni vegetative



Alla primavera successiva, dopo le prime piogge, Salvatore è proprio soddisfatto dell'ingegneria naturalistica, ma sa che sarà necessaria la manutenzione



Salvatore ora sistema quel dissesto sulla strada di casa sua con una palificata viva



## APPENDICE D - DECALOGO DELL'INGEGNERIA NATURALISTICA

- Il professionista è tenuto ad utilizzare nei progetti e realizzazioni determinati materiali in funzione della soluzione tecnica migliore e non per motivi commerciali;
- In particolare ciò è valido nell'utilizzo delle specie di piante che deve riferirsi a quelle autoctone del sito, mentre l'uso di specie esotiche va limitato ai casi in cui non siano reperibili tra le specie autoctone piante con caratteristiche biotecniche di analoga efficacia e fatte salve le problematiche di invasività, innesco della successione naturale della vegetazione e l'ottenimento della massima biodiversità possibile;
- Va sempre ricercato l'abbinamento delle parti strutturali con le piante, anche quando sono possibili semplificazioni che rendono più economica la costruzione ma non consentono lo sviluppo delle piante (ad esempio assenza di terreno vegetale e uso di feltri impenetrabili nelle terre rinforzate);
- Adottare sempre il principio del dimensionamento minimo efficace;
- Adottare sempre il principio di ottenere il massimo livello di biodiversità possibile compatibilmente con la funzionalità dell'infrastruttura;
- Non rifiutare per principio l'uso di nessuno dei materiali e delle tecniche disponibili per eccesso di zelo ecologico (mai ferro e plastica...), soprattutto quando l'uso delle sole piante supera i limiti d'impiego dell'IN;
- Il professionista dimostri che gli interventi progettati non potevano essere eseguiti con tecniche di ingegneria naturalistica:
  - applicando il principio del dimensionamento minimo efficace;
  - dimostrando tecnicamente la scelta di adottare opere tradizionali al posto di opere di Ingegneria Naturalistica;
  - riconoscendo i limiti delle possibilità offerte dall'Ingegneria Naturalistica per risolvere le problematiche di consolidamento.
- Principio del: "mai fare un progetto senza aver visitato il sito, che consente di acquisire dati geopedoclimatici, vegetazionali, ecc. ma anche...il "genius loci" o meglio l'ispirazione che deriva dal sito e che viene sintetizzata e mediata dal progettista;
- Vale la regola di reperire il materiale da propagazione nell'area biogeografia di appartenenza del sito di intervento<sup>10</sup>;
- Nella scelta delle specie da impiegare non va fatto riferimento alle sole specie presenti nel sito, ma a quelle che ci sarebbero in assenza del disturbo dell'uomo (concetto della vegetazione potenziale ).

---

<sup>10</sup> Non è uno sfizio da naturalisti, ma serve ad evitare potenziali catastrofi ecologiche vedi casi macroscopici del passato come l'introduzione del coniglio selvatico in Australia (che ancora oggi è in piena diffusione, e la volpe introdotta per tenere a freno il coniglio che hanno prodotto catastrofi ecosistemiche a danno anche dell'uomo) e molti altri casi di introduzione di specie vegetali esotiche in Europa che hanno trasfigurato interi paesaggi (il più noto il caso della robinia che si è dimostrata infestante monospecifica e si è sostituita ai boschi di querce in tutte le zone collinari e montane dell'Italia centro nord, con grossi effetti di impoverimento di biodiversità, ma anche economici).

## **APPENDICE E – MODALITÀ DI CORRETTA ESECUZIONE DELLE TECNICHE**

Ex QUADERNI DI CANTIERE  
Roberto Ferrari

**COSA FARE E NON FARE PER LA CORRETTA ESECUZIONE DI :**

### **RIVESTIMENTO VEGETATIVO IN RETE METALLICA A DOPPIA TORSIONE ZINCATA E PLASTIFICATA E BIOSTUOIE/GEOSTUOIE TRIDIMENSIONALI SINTETICHE**

- OPERARE nei limiti del periodo di riposo vegetativo compatibili con l'ubicazione del sito di intervento
- UTILIZZARE materiale vegetale vivo costituito da specie autoctone
- NON UTILIZZARE esclusivamente materiale vegetale morto
- UTILIZZARE materiale vegetale vivo costituito da specie vegetali autoctone atte alla riproduzione vegetativa qualora si utilizzino parti vegetali (culmi, talee, verghe, astoni, ramaglia)
- VALUTARE attentamente la scelta delle specie vegetali vive da utilizzare in relazione alle caratteristiche del sito, del substrato e del dissesto
- RISPETTARE il verso di crescita del materiale vegetale vivo durante la fase di posa
- ESEGUIRE preliminarmente una prova di infissione di picchetti di diverse forme e dimensioni nel substrato
- VALUTARE attentamente le caratteristiche più idonee relativamente al tipo, al materiale ed alle caratteristiche fisiche e di durata della biostuoia/geostuoia in relazione alle caratteristiche del sito, del substrato, del dissesto e delle specie vegetali vive utilizzate
- APPRESSARE al substrato la biostuoia/geostuoia e rete metallica
- REALIZZARE un adeguato raccordo con la superficie morfologica preesistente alle estremità dell'intervento
- ESEGUIRE una attenta e mirata manutenzione

### **RIVESTIMENTO VEGETATIVO A MATERASSO REALIZZATO IN OPERA IN RETE METALLICA A DOPPIA TORSIONE ZINCATA E PLASTIFICATA FODERATA CON BIOSTUOIE/GEOSTUOIE TRIDIMENSIONALI SINTETICHE:**

- OPERARE nei limiti del periodo di riposo vegetativo compatibili con l'ubicazione del sito di intervento
- UTILIZZARE materiale vegetale vivo costituito da specie autoctone
- NON UTILIZZARE esclusivamente materiale vegetale morto
- UTILIZZARE materiale vegetale vivo costituito da specie vegetali autoctone atte alla riproduzione vegetativa qualora si utilizzino parti vegetali (culmi, talee, verghe, astoni, ramaglia)
- VALUTARE attentamente la scelta delle specie vegetali vive da utilizzare in relazione alle caratteristiche del sito, del substrato e del dissesto
- RISPETTARE il verso di crescita del materiale vegetale vivo durante la fase di posa
- VALUTARE attentamente le caratteristiche più idonee relativamente al tipo, al materiale ed alle caratteristiche fisiche e di durata della biostuoia/geostuoia in relazione alle caratteristiche del sito, del materiale di riempimento, del dissesto e delle specie vegetali vive utilizzate

- VALUTARE attentamente le caratteristiche più idonee relativamente al materiale inerte di riempimento in relazione alle caratteristiche del sito, del substrato, del dissesto e delle specie vegetali vive utilizzate
- REALIZZARE un adeguato raccordo con la superficie morfologica preesistente alle estremità dell'intervento
- ESEGUIRE una attenta e mirata manutenzione

#### MESSA A DIMORA DI TALEE

- OPERARE nei limiti del periodo di riposo vegetativo compatibili con l'ubicazione del sito di intervento
- UTILIZZARE materiale vegetale vivo costituito da specie autoctone
- NON UTILIZZARE materiale vegetale morto
- UTILIZZARE materiale vegetale vivo costituito da specie vegetali autoctone atte alla riproduzione vegetativa
- VALUTARE attentamente la scelta delle specie vegetali vive da utilizzare in relazione alle caratteristiche del sito, del substrato e del dissesto
- NON UTILIZZARE elementi di lunghezza inferiore a 60 cm
- NON UTILIZZARE elementi con Ø inferiore a 2 cm
- RISPETTARE il verso di crescita del materiale vegetale vivo durante la fase di posa
- INSERIRE mantenendo una inclinazione contraria a quella del versante
- TAGLIARE la parte sporgente della talea limitandola a non più di 10÷15 cm
- ESEGUIRE una attenta e mirata manutenzione

#### CORDONATA VIVA

- OPERARE nei limiti del periodo di riposo vegetativo compatibili con l'ubicazione del sito di intervento
- UTILIZZARE materiale vegetale vivo costituito da specie autoctone
- NON UTILIZZARE esclusivamente materiale vegetale morto
- UTILIZZARE materiale vegetale vivo costituito da specie vegetali autoctone atte alla riproduzione vegetativa qualora si utilizzino parti vegetali (culmi, talee, verghe, astoni, ramaglia)
- VALUTARE attentamente la scelta delle specie vegetali vive da utilizzare in relazione alle caratteristiche del sito, del substrato e del dissesto
- RISPETTARE il verso di crescita del materiale vegetale vivo durante la fase di posa
- ESEGUIRE lo scavo della sede di posa
- RISPETTARE la profondità e l'inclinazione in contropendenza caratteristiche della tipologia
- NON INFIGGERE direttamente il materiale vegetale vivo (talee) nel substrato
- REALIZZARE un adeguato raccordo con la superficie morfologica preesistente alle estremità dell'intervento
- ESEGUIRE una attenta e mirata manutenzione

#### VIMINATA VIVA DI VERSANTE

- OPERARE nei limiti del periodo di riposo vegetativo compatibili con l'ubicazione del sito di intervento
- UTILIZZARE materiale vegetale vivo costituito da specie autoctone



- NON UTILIZZARE esclusivamente materiale vegetale morto
- UTILIZZARE materiale vegetale vivo costituito da specie vegetali autoctone atte alla riproduzione vegetativa
- VALUTARE attentamente la scelta delle specie vegetali vive da utilizzare in relazione alle caratteristiche del sito, del substrato e del dissesto ESEGUIRE preliminarmente una prova di infissione di picchetti di diverse forme e dimensioni nel substrato
- ESEGUIRE lo scavo della sede di posa
- MANTENERE la struttura seminterrata
- REALIZZARE un adeguato raccordo con la superficie morfologica preesistente alle estremità dell'intervento
- ESEGUIRE una attenta e mirata manutenzione

#### COPERTURA DIFFUSA CON RAMAGLIA VIVA

- OPERARE nei limiti del periodo di riposo vegetativo compatibili con l'ubicazione del sito di intervento
- UTILIZZARE materiale vegetale vivo costituito da specie autoctone
- NON UTILIZZARE esclusivamente materiale vegetale morto
- UTILIZZARE materiale vegetale vivo costituito da specie vegetali autoctone atte alla riproduzione vegetativa qualora si utilizzino parti vegetali (culmi, talee, verghe, astoni, ramaglia)
- VALUTARE attentamente la scelta delle specie vegetali vive da utilizzare in relazione alle caratteristiche del sito, del substrato e del dissesto
- RISPETTARE il verso di crescita del materiale vegetale vivo durante la fase di posa
- VALUTARE la quota del livello medio della superficie dell'acqua
- ESEGUIRE lo scavo della sede di posa
- REALIZZARE un adeguato raccordo con la superficie morfologica preesistente alle estremità dell'intervento
- REALIZZARE un sufficiente ancoraggio al substrato
- RICOPRIRE il materiale vegetale vivo con uno strato di terreno sufficiente
- ESEGUIRE una attenta e mirata manutenzione

#### GRATA VIVA SEMPLICE DI VERSANTE

- OPERARE nei limiti del periodo di riposo vegetativo compatibili con l'ubicazione del sito di intervento
- UTILIZZARE materiale vegetale vivo costituito da specie autoctone
- NON UTILIZZARE esclusivamente materiale vegetale morto
- UTILIZZARE materiale vegetale vivo costituito da specie vegetali autoctone atte alla riproduzione vegetativa qualora si utilizzino parti vegetali (culmi, talee, verghe, astoni, ramaglia)
- VALUTARE attentamente la scelta delle specie vegetali vive da utilizzare in relazione alle caratteristiche del sito, del substrato e del dissesto
- RISPETTARE il verso di crescita del materiale vegetale vivo durante la fase di posa
- NON RIMANDARE la posa del materiale vegetale vivo a struttura finita e riempita
- RETTIFICARE eventuali pendenze della superficie morfologica nella fase di preparazione della sede di posa
- UTILIZZARE chiodatura adeguata sia tipologicamente sia dimensionalmente
- NON UTILIZZARE legature con filo di ferro per fissaggi definitivi

- NON UTILIZZARE cambre (o zanche) per fissaggi definitivi
- ESEGUIRE il preforo mediante trapanazione
- UTILIZZARE materiale inerte con caratteristiche geotecniche rispondenti alle caratteristiche ed alle necessità richieste
- REALIZZARE un adeguato raccordo con la superficie morfologica preesistente alle estremità dell'intervento
- ESEGUIRE una attenta e mirata manutenzione

#### PALIFICATA VIVA DOPPIA DI VERSANTE

- OPERARE nei limiti del periodo di riposo vegetativo compatibili con l'ubicazione del sito di intervento
- UTILIZZARE materiale vegetale vivo costituito da specie autoctone
- NON UTILIZZARE esclusivamente materiale vegetale morto
- UTILIZZARE materiale vegetale vivo costituito da specie vegetali autoctone atte alla riproduzione vegetativa qualora si utilizzino parti vegetali (culmi, talee, verghe, astoni, ramaglia)
- VALUTARE attentamente la scelta delle specie vegetali vive da utilizzare in relazione alle caratteristiche del sito, del substrato e del dissesto
- RISPETTARE il verso di crescita del materiale vegetale vivo durante la fase di posa
- UTILIZZARE materiale vegetale vivo (talee, verghe, astoni) con lunghezza tale da venire a contatto posteriormente con la parete dello scavo (substrato)
- NON RIMANDARE la posa del materiale vegetale vivo a struttura finita e riempita
- RETTIFICARE eventuali pendenze della superficie morfologica nella fase di preparazione della sede di posa
- DARE alla superficie di base sufficiente inclinazione a reggipoggio
- NON INIZIARE la costruzione della struttura con l'ordine di tronchi trasversali
- NON FISSARE i tronchi longitudinali (correnti) senza incastri
- UTILIZZARE chiodatura adeguata sia tipologicamente sia dimensionalmente
- NON UTILIZZARE legature con filo di ferro per fissaggi definitivi
- NON UTILIZZARE cambre (o zanche) per fissaggi definitivi
- ESEGUIRE il preforo mediante trapanazione
- REALIZZARE una sfalsatura tra gli elementi delle file di tronchi longitudinali (correnti)
- MANTENERE in contatto i tronchi trasversali con i tronchi longitudinali (correnti)
- NON REALIZZARE sovrapposizioni di tronchi trasversali in corrispondenza di giunture di tronchi longitudinali (correnti) e viceversa
- MANTENERE una inclinazione massima di 60° delle pareti esterna ed interna
- NON PROCEDERE nella costruzione della struttura lignea, completandola, rimandando alla sua conclusione il riempimento mediante materiale inerte di riporto e la contemporanea posa del materiale vegetale vivo corso per corso
- NON PROCEDERE nella costruzione della struttura lignea, completandola, riempirla con il materiale inerte di riporto e solo a questo punto predisporre all'inserimento del materiale vegetale vivo
- RISPETTARE i limiti dimensionali e le proporzioni tra altezza e profondità caratteristici e fondamentali della tipologia
- UTILIZZARE materiale inerte con caratteristiche geotecniche rispondenti alle caratteristiche ed alle necessità richieste
- REALIZZARE un adeguato raccordo con la superficie morfologica preesistente alle estremità dell'intervento

- ESEGUIRE una attenta e mirata manutenzione

#### PALIFICATA VIVA SPONDALE CON PALO VERTICALE FRONTALE

- OPERARE nei limiti del periodo di riposo vegetativo compatibili con l'ubicazione del sito di intervento
- UTILIZZARE materiale vegetale vivo costituito da specie autoctone
- NON UTILIZZARE esclusivamente materiale vegetale morto
- UTILIZZARE materiale vegetale vivo costituito da specie vegetali autoctone atte alla riproduzione vegetativa qualora si utilizzino parti vegetali (culmi, talee, verghe, astoni, ramaglia)
- VALUTARE attentamente la scelta delle specie vegetali vive da utilizzare in relazione alle caratteristiche del sito, del substrato e del dissesto
- RISPETTARE il verso di crescita del materiale vegetale vivo durante la fase di posa
- NON RIMANDARE la posa del materiale vegetale vivo a struttura finita e riempita
- VALUTARE la quota del livello medio della superficie dell'acqua
- NON FISSARE i tronchi longitudinali (correnti) senza incastri
- UTILIZZARE chiodatura adeguata sia tipologicamente sia dimensionalmente
- NON UTILIZZARE legature con filo di ferro per fissaggi definitivi
- NON UTILIZZARE cambre (o zanche) per fissaggi definitivi
- ESEGUIRE il preforo mediante trapanazione
- REALIZZARE una sfalsatura tra gli elementi delle file di tronchi longitudinali (correnti)
- MANTENERE l'orizzontalità o meglio IMPOSTARE una leggera inclinazione verso monte dei tronchi trasversali
- MANTENERE in contatto i tronchi trasversali con i tronchi longitudinali (correnti)
- NON REALIZZARE sovrapposizioni di tronchi trasversali in corrispondenza di giunture di tronchi longitudinali (correnti) e viceversa
- NON PROCEDERE nella costruzione della struttura lignea, completandola, rimandando alla sua conclusione il riempimento mediante materiale inerte di riporto e la contemporanea posa del materiale vegetale vivo corso per corso
- NON PROCEDERE nella costruzione della struttura lignea, completandola, riempirla con il materiale inerte di riporto e solo a questo punto predisporre all'inserimento del materiale vegetale vivo
- RISPETTARE i limiti dimensionali e le proporzioni tra altezza e profondità caratteristici e fondamentali della tipologia
- UTILIZZARE materiale inerte con caratteristiche geotecniche rispondenti alle caratteristiche ed alle necessità richieste
- REALIZZARE un adeguato raccordo con la superficie morfologica preesistente alle estremità dell'intervento
- ESEGUIRE una attenta e mirata manutenzione

#### GABBIONATA IN RETE METALLICA ZINCATA RINVERDITA

- OPERARE nei limiti del periodo di riposo vegetativo compatibili con l'ubicazione del sito di intervento
- UTILIZZARE materiale vegetale vivo costituito da specie autoctone
- NON UTILIZZARE esclusivamente materiale vegetale morto



- UTILIZZARE materiale vegetale vivo costituito da specie vegetali autoctone atte alla riproduzione vegetativa qualora si utilizzino parti vegetali (culmi, talee, verghe, astoni, ramaglia)
- VALUTARE attentamente la scelta delle specie vegetali vive da utilizzare in relazione alle caratteristiche del sito, del substrato e del dissesto
- RISPETTARE il verso di crescita del materiale vegetale vivo durante la fase di posa
- UTILIZZARE materiale vegetale vivo (talee, verghe, astoni) con lunghezza tale da venire a contatto posteriormente con la parete dello scavo (substrato)
- NON rimandare la posa del materiale vegetale vivo a struttura finita e riempita
- RETTIFICARE eventuali pendenze della superficie morfologica nella fase di preparazione della sede di posa
- DARE alla superficie di base sufficiente inclinazione a reggipoggio
- UTILIZZARE materiale inerte con caratteristiche geotecniche rispondenti alle caratteristiche ed alle necessità richieste
- REALIZZARE un adeguato raccordo con la superficie morfologica preesistente alle estremità dell'intervento
- ESEGUIRE una attenta e mirata manutenzione

#### MATERASSO SPONDALE IN RETE METALLICA RINVERDITO

- OPERARE nei limiti del periodo di riposo vegetativo compatibili con l'ubicazione del sito di intervento
- UTILIZZARE materiale vegetale vivo costituito da specie autoctone
- NON utilizzare esclusivamente materiale vegetale morto
- UTILIZZARE materiale vegetale vivo costituito da specie vegetali autoctone atte alla riproduzione vegetativa qualora si utilizzino parti vegetali (culmi, talee, verghe, astoni, ramaglia)
- VALUTARE attentamente la scelta delle specie vegetali vive da utilizzare in relazione alle caratteristiche del sito, del substrato e del dissesto
- RISPETTARE il verso di crescita del materiale vegetale vivo durante la fase di posa
- UTILIZZARE materiale vegetale vivo (talee, verghe, astoni) con lunghezza tale da venire a contatto posteriormente con la parete dello scavo (substrato)
- REALIZZARE un sufficiente ancoraggio al substrato
- VALUTARE attentamente le caratteristiche più idonee relativamente al tipo, al materiale ed alle caratteristiche fisiche e di durata della biostuoia/geostuoia in relazione alle caratteristiche del sito, del substrato, del dissesto e delle specie vegetali vive utilizzate
- UTILIZZARE materiale inerte con caratteristiche geotecniche rispondenti alle caratteristiche ed alle necessità richieste
- REALIZZARE un adeguato raccordo con la superficie morfologica preesistente alle estremità dell'intervento
- ESEGUIRE una attenta e mirata manutenzione

#### TERRA RINFORZATA RINVERDITA

- OPERARE nei limiti del periodo di riposo vegetativo compatibili con l'ubicazione del sito di intervento
- UTILIZZARE materiale vegetale vivo costituito da specie autoctone
- NON utilizzare esclusivamente materiale vegetale morto

- UTILIZZARE materiale vegetale vivo costituito da specie vegetali autoctone atte alla riproduzione vegetativa qualora si utilizzino parti vegetali (culmi, talee, verghe, astoni, ramaglia)
- VALUTARE attentamente la scelta delle specie vegetali vive da utilizzare in relazione alle caratteristiche del sito, del substrato e del dissesto
- RISPETTARE il verso di crescita del materiale vegetale vivo durante la fase di posa
- VALUTARE attentamente le caratteristiche più idonee relativamente al tipo, al materiale ed alle caratteristiche fisiche e di durata della biostuoia/geostuoia in relazione alle caratteristiche del sito, del substrato, del dissesto e delle specie vegetali vive utilizzate
- RETTIFICARE eventuali pendenze della superficie morfologica nella fase di preparazione della sede di posa
- MANTENERE una inclinazione massima di 60° del fronte esterno
- UTILIZZARE materiale inerte di riempimento con caratteristiche geotecniche rispondenti alle caratteristiche ed alle necessità richieste
- ESEGUIRE un corretto costipamento del materiale inerte di riempimento
- UTILIZZARE terreno vegetale nella parte retrostante il paramento esterno
- NON trascurare la qualità del terreno vegetale
- ESEGUIRE un corretto costipamento del terreno vegetale
- REALIZZARE un adeguato raccordo con la superficie morfologica preesistente alle estremità dell'intervento
- ESEGUIRE una attenta e mirata manutenzione

#### MURO CELLULARE RINVERDITO

- OPERARE nei limiti del periodo di riposo vegetativo compatibili con l'ubicazione del sito di intervento
- UTILIZZARE materiale vegetale vivo costituito da specie autoctone
- NON UTILIZZARE esclusivamente materiale vegetale morto
- UTILIZZARE materiale vegetale vivo costituito da specie vegetali autoctone atte alla riproduzione vegetativa qualora si utilizzino parti vegetali (culmi, talee, verghe, astoni, ramaglia)
- VALUTARE attentamente la scelta delle specie vegetali vive da utilizzare in relazione alle caratteristiche del sito, del substrato e del dissesto
- RISPETTARE il verso di crescita del materiale vegetale vivo durante la fase di posa
- DARE alla superficie di base sufficiente inclinazione a reggipoggio
- VALUTARE il dimensionamento minimo degli elementi frontali per quanto relativo alle necessità vitali della componente vegetale viva
- MANTENERE una inclinazione massima di 60° del fronte esterno
- NON TRASCURARE la qualità del terreno vegetale
- REALIZZARE un eventuale sistema di irrigazione
- REALIZZARE un adeguato raccordo con la superficie morfologica preesistente alle estremità dell'intervento
- ESEGUIRE una attenta e mirata manutenzione

#### BARRIERA VEGETATIVA ANTIRUMORE IN TERRAPIENO COMPRESSO

- OPERARE al di fuori dei limiti del periodo di riposo vegetativo compatibili con l'ubicazione del sito di intervento
- UTILIZZARE materiale vegetale vivo costituito da specie autoctone

- UTILIZZARE materiale vegetale vivo costituito da specie vegetali autoctone atte alla riproduzione vegetativa qualora si utilizzino parti vegetali (culmi, talee, verghe, astoni, ramaglia)
- VALUTARE attentamente la scelta delle specie vegetali vive da utilizzare in relazione alle caratteristiche del sito, del substrato e del dissesto
- RISPETTARE il verso di crescita del materiale vegetale vivo durante la fase di posa
- VALUTARE attentamente le caratteristiche più idonee relativamente al tipo, al materiale ed alle caratteristiche fisiche e di durata della biostuoia/geostuoia in relazione alle caratteristiche del sito, del substrato e delle specie vegetali vive utilizzate
- NON ISOLARE la struttura dal substrato mediante fondazioni continue
- UTILIZZARE materiale inerte di riempimento con caratteristiche geotecniche rispondenti alle caratteristiche ed alle necessità richieste
- ESEGUIRE un corretto costipamento del materiale inerte di riempimento
- UTILIZZARE una adeguata quantità di terreno vegetale
- REALIZZARE un eventuale sistema di irrigazione
- ESEGUIRE una attenta e mirata manutenzione