



## Manuale di metodologie e tecniche a basso impatto in materia di difesa del suolo



**Studio di nuove metodologie ambientali in materia di difesa del suolo e miglioramento ambientale**  
Proposta per l'attuazione di interventi pilota-Legge N. 61/98

# **Manuale di metodologie e tecniche a basso impatto in materia di difesa del suolo**

## **Studio di nuove metodologie ambientali in materia di difesa del suolo e miglioramento ambientale Proposta per l'attuazione di interventi pilota-Legge N. 61/98**

A cura di Maurizio Bacci, Simona Bardi, Andrea Dignani

### **Introduzione**

**Il terremoto Umbro marchigiano: ricostruzione e ambiente** *Vito D'ambrosio*

**Regione Marche. una proposta di gestione del territorio** *Roberto Ottaviani*

**Attività tecnica – amministrativa della Regione Marche per la difesa del suolo** *Libero Principi*

**La sistemazione ambientale nelle Marche** *Andrea Dignani*

**L'approccio metodologico del progetto WWF-Regione Marche** *Maurizio Bacci*

**La gestione idrologica del territorio: il ruolo della società, delle comunità e degli individui** *Adriano Paoletta*

### **MANUALE**

1. Inquadramento delle problematiche e delle linee guida
  2. Uso del suolo e dissesto idrogeologico
  3. Fattori di influenza per l'assetto del suolo
  4. Quadro normativo di riferimento
  5. Struttura e caratteri della progettazione
- Applicazioni significative sul Territorio Marchigiano  
Schede tecniche - Schede interventi di rinaturalizzazione

#### Lo studio è stato svolto da:

Simona Bardi, architetto (responsabile di commessa); Maurizio Bacci, ingegnere per la difesa del suolo e la pianificazione territoriale (direzione tecnica); Giuseppe Pandolfi, paesaggista (collaborazione tecnica); Andrea Agapito Ludovici, biologo (aspetti naturalistici); Andrea Dignani, geologo (aspetti geologici e territoriali); Giuliana Pirrone, ingegnere ambientale (collaborazione tecnica manuale); Francesca Procacci, ingegnere ambientale (collaborazione schede tecniche); Giordano Fossi, agronomo (collaborazione schede tecniche); Susanna Rigon (collaborazione grafica).

Nell'ambito del WWF hanno svolto attività: Unità Progetti Sostenibilità WWF Italia, WWF sezione regionale Marche, WWF sezione regionale Lombardia

L'attività è stata svolta con la collaborazione dell'**IRIS s.a.s.** Via Volterrana 183 – 50020 Cerbaia Val di Pesa (FI), tel. 055.825141

Redazione: Emanuela Pietrobelli

Revisione Scientifica: Adriano Paoletta

Si ringrazia per la collaborazione il segretario dell'Autorità di Bacino della Regione Marche dr. ing. LIBERO PRINCIPI

Si ringraziano inoltre per i dati forniti il dr. geol. FABRIZIO PONTONI e il dr. geol. FAUSTO BURATTINI

# Introduzione

I curatori

Il WWF Italia, oggi ONLUS (Organizzazione Non Lucrativa di Utilità Sociale, ai sensi del DL n. 460/97), componente specifica dell'Associazione no-profit, caratterizzato dall'esclusiva attività istituzionale riconosciuta, oltre che senza fini di lucro come attività di utilità sociale collettiva, da anni si occupa di formazione e di ricerca scientifica in questo settore a tutti i livelli. Infatti, il WWF Italia è oggi l'unica organizzazione ambientalista iscritta all'anagrafe degli istituti di ricerca del Ministero della Ricerca Scientifica.

Il WWF Marche opera costantemente sulla salvaguardia del territorio regionale attraverso il monitoraggio territoriale, la formazione, la ricerca e la sensibilizzazione. Tra i progetti in fase di realizzazione ricordiamo l'accordo con il Parco Regionale del Sasso Simone Simoncello per la creazione e l'utilizzo degli strumenti per la gestione territoriale, la gestione del Centro di Ricerca sulla Fitodepurazione, la gestione del Centro di Educazione Ambientale (CEA) di Recanati impegnato nella divulgazione e sensibilizzazione sugli ambienti fluviali, la gestione del CEA di Fermo caratterizzato dalla presenza del laboratorio ambientale per il monitoraggio delle acque e dei fiumi, e la gestione dell'Oasi di Ripa Bianca di Jesi, unica oasi fluviale delle Marche.

Il WWF Italia ritiene che gli interventi attuati successivamente al terremoto umbro-marchigiano del 1997-1998 siano stati caratterizzati da un nuovo e inedito approccio gestionale dei territori interessati dalla ricostruzione.

L'approccio gestionale degli amministratori, dei funzionari e di tutti i tecnici coinvolti con gli interventi della ricostruzione è stato caratterizzato dall'impegno di ricercare ed applicare nuove metodologie di studio e di lavoro per la riqualificazione urbanistica ed ambientale dell'intero comprensorio.

In questo contesto di sperimentazione e di ricerca di nuove soluzioni per la valorizzazione delle aree marginali del territorio marchigiano, il WWF Italia, sempre attento a collaborare con le Amministrazioni Pubbliche coinvolte nell'attuazione di nuovi modelli di gestione territoriale, presenta il progetto di sperimentazione e ricerca sull'Ingegneria Naturalistica in collaborazione con la Regione Marche.

Il progetto di ricerca è finalizzato al raggiungimento dell'obiettivo prioritario di sperimentare e tarare in particolari e complesse aree della Regione Marche le tecniche di Ingegneria Naturalistica da inserire all'interno delle nuove metodologie di gestione territoriale delle aree caratterizzate da notevoli valenze ambientali. L'obiettivo è quello di individuare criteri e modalità applicative per interventi finalizzati a ottenere contemporaneamente ottimali risultati sia di difesa del suolo sia di miglioramento ambientale.

Il progetto si fonda sulla più ampia ed integrata collaborazione tra le professionalità specialistiche presenti sia all'interno dell'Ente Regione, e degli altri Enti locali, che del WWF Italia; tale collaborazione ha permesso di realizzare i programmi proposti in modo sinergico e paritetico sia nella fase di realizzazione delle azioni sperimentali pilota sia nella fase di formazione e didattica.

Il progetto si articola in tre livelli operativi:

**Fase 1** Nel primo livello operativo si sono individuati, previa acquisizione di dati significativi, linee guida e ipotesi progettuali di dettaglio (originali), a carattere innova-

tivo e sperimentale, da applicare a supporto della Regione negli interventi di sistemazione e ripristino ambientale dei fenomeni causati o aggravati dal terremoto; si è inoltre realizzato il presente manuale tecnico relativo alle problematiche affrontate, e ai casi di studio prescelti

**Fase 2** Nel secondo livello operativo si realizzerà un breve percorso formativo applicato per l'illustrazione ed il reciproco confronto sulle linee guida e sulle ipotesi progettuali individuate

**Fase 3** Nel terzo livello operativo si renderanno visibili e si pubblicheranno gli interventi ed i conseguenti risultati ottenuti attraverso la pubblicazione di dossier e di opuscoli monotematici per diffondere l'esperienza collaborativa sia all'interno della stessa regione che a livello nazionale

Il presente manuale, rivolto a tecnici della Pubblica Amministrazione e a professionisti del settore, ha lo scopo di consentire l'acquisizione di una impostazione metodologica finalizzata all'applicazione di interventi di difesa del suolo e alla progettazione e realizzazione di sistemazioni idraulico-ambientali con tecniche di ingegneria naturalistica in aree interessate da eventi sismici. L'obiettivo che ci si è posti è stato quello di fornire al testo un carattere applicativo, sulla base "studio di caso", tanto che la struttura del manuale stesso è stata concepita in maniera difforme dai testi e dalle pubblicazioni in materia di ingegneria naturalistica già presenti in Italia, che si configurano come elencazione di principi e tecniche-standard.

In questo manuale si è quindi evitato di ripetere le considerazioni generali e la rassegna delle opere in quanto ormai ampiamente disponibili sulla letteratura, mentre sono state introdotte due aspetti importanti per chi opera su un territorio regionale, a livello sia pianificatorio che gestionale: le problematiche e le soluzioni relative al dissesto idrogeologico diffuso; le caratteristiche costruttive e di scelta di specifiche opere di ingegneria naturalistica, studiate ad hoc per i casi tipo riscontrati su scala regionale. In questo modo il manuale potrà divenire un punto di riferimento per chi opera nel settore della difesa del suolo, ai diversi livelli: amministratori, tecnici degli enti pubblici di pianificazione e gestione, professionisti, imprese del settore.

Nella parte introduttiva all'argomento, vengono motivati e analizzati gli scopi e le necessità che suggeriscono o impongono l'uso dell'ingegneria naturalistica, nella successiva parte di inquadramento normativo orienta alla conoscenza dei riferimenti necessari per operare nel settore, nella terza parte definisce la strutturazione e le caratteristiche di qualità che deve avere la progettazione secondo la legge e secondo corretti criteri metodologici, mentre nella ultima parte (costituita soprattutto dalle schede tecniche allegate) inquadra e definisce le soluzioni e le applicazioni dell'ingegneria naturalistica ai due casi di studio concordemente individuati con i tecnici del Servizio Regionale come significativi e rappresentativi di problematiche diffuse sul territorio regionale.

L'auspicio è che il presente manuale possa consentire nel futuro una più vasta diffusione delle tecniche a basso impatto ambientale, recependo lo spirito e le finalità della Circolare n.1 del 23/01/1997 "Criteri ed indirizzi per l'attuazione di interventi in ambito fluviale nel territorio della Regione Marche".

# Il terremoto umbro marchigiano: ricostruzione e ambiente

Dott. Vito D'Ambrosio\*

La crisi sismica che dal settembre 1997 ha interessato le aree appenniniche delle Marche e dell'Umbria ha prodotto, sul patrimonio edilizio e sui sistemi urbani ed infrastrutturali di quei territori, gli effetti devastanti che i mass media hanno mostrato in tutta la loro evidenza.

L'azione delle istituzioni si è quindi concentrata, in termini di priorità delle scelte e di impegno dei singoli operatori, sulle esigenze primarie della collettività colpita in modo da garantire alle persone condizioni accettabili di vita.

Ma al di là di questo obiettivo fondamentale la Regione e gli enti locali sono stati fortemente impegnati a fare di più; in coerenza con lo spirito della legge sulla ricostruzione, che considera i molti valori presenti nelle zone colpite, è stato messo in atto un disegno che favorisca una positiva "rinascita" del contesto territoriale colpito.

Per il conseguimento di un valore aggiunto nella ricostruzione si è quindi lavorato in modo da orientare il risultato finale alla "qualità", intesa come consolidamento delle valenze esistenti e come potenziamento delle prospettive di sviluppo della zona.

Ciò ha presupposto una continuità filosofica nell'impostazione del processo di ripristino dei patrimoni danneggiati, che la legge si prefigge di raggiungere con specifici piani di intervento; sono omogeneamente rivolte ad obiettivi di qualità le linee tecniche definite per il piano per i beni culturali, per i programmi di recupero dei nuclei urbani di particolare interesse storico, architettonico e paesaggistico, per il piano dei dissesti idrogeologici, per lo stesso piano di interventi sull'edilizia ordinaria.

Questi strumenti, indicati dalla legge statale e disciplinati dalla Regione, consentono non solo di incrementare, dopo gli interventi, il grado di sicurezza originario degli elementi danneggiati, ma anche di valorizzare le diverse componenti di un contesto bello ma fragile come quello appenninico.

In coerenza con questa scelta di principio è stata dedicata una particolare cura ai valori paesaggistico - ambientali; tali valori sono stati posti a sfondo della ricostruzione nel profondo convincimento, condiviso dalle comunità locali, che anche circostanze drammatiche possono consentire di cogliere alcune opportunità, contribuendo a ridurre nel tempo taluni fattori negativi che tuttora insistono in un ambiente di così alto pregio. Il contributo fornito dal WWF Italia ha in questo senso la funzione di dare alle amministrazioni ed ai tecnici un apporto culturale specialistico in una materia, quella della gestione eco - sostenibile dell'ambiente, in cui si registra una certa difficoltà a considerare strumenti ordinari quelle che ora sono soluzioni progettuali di avanguardia: le tecniche di ingegneria naturalistica.

Con il supporto del Comitato Tecnico - Scientifico, organo di consulenza tecnica della Regione per la ricostruzione, è stata messa a punto una iniziativa volta ad un duplice scopo: da un lato indicare soluzioni di intervento innovative ed originali, idonee a costituire riferimento per i progettisti impegnati nella ricostruzione, applicabili a casi reali di dissesto idrogeologico o di infrastrutture danneggiate dagli eventi sismici, dall'altro favorire la diffusione culturale della metodologia affinché le tecniche proposte possano divenire, appunto, strumento ordinario di intervento nel settore ambientale - territoriale.

I recenti corsi brevi di formazione sulle tecniche di ingegneria naturalistica, tenuti dal WWF in collaborazione con la Regione

e destinati ai tecnici regionali ed alle imprese del settore, hanno dimostrato che la conoscenza è elemento base per qualsiasi innovazione; da questo punto di vista il "Dossier" che ho il piacere di presentare deve essere considerato, nella scia delle iniziative regolamentari da alcuni anni definite in materia dalla Regione, come ulteriore spunto per gli operatori a beneficio della collettività marchigiana.

*\* Presidente della Giunta Regionale e Commissario Delegato per gli interventi di protezione civile*

# Regione Marche. Una proposta di Gestione del Territorio

Dott. Roberto Ottaviani\*

Il territorio della Regione Marche è da tempo messo a dura prova con allarmante frequenza da emergenze improvvise, in particolare frane, allagamenti, inquinamenti di vario tipo. È stato sconvolto il rapporto tra acqua che cade e acqua che defluisce per la crescente impermeabilizzazione del suolo, l'agricoltura industrializzata e intensiva ha abbattuto alberi e siepi, ha spianato solchi e terrazzi, lasciando il suolo totalmente nudo, la regimazione dei fiumi è stata condizionata da insediamenti che hanno occupato aree di pertinenza fluviale e golene nonché dalla realizzazione di grandi opere.

In molti casi i corsi d'acqua hanno subito un processo di raddrizzamento e di canalizzazione con restrizione della sezione d'alveo, eliminazione delle aree naturali di espansione e conseguente aumento della velocità delle acque e della concentrazione di piena.

I problemi dell'ambiente non si fermano però al solo dissesto idrogeologico, ma continuano con una serie di usi impropri ed eccessivi di acqua e suolo e loro inquinamento, aria compresa. Il degrado del territorio a causa dell'uso irrazionale delle sue risorse si è potuto attuare per la mancanza di una concreta politica di pianificazione territoriale.

Solo in tempi più recenti la gravità dei problemi dell'ambiente ha suscitato l'interesse delle forze politiche, economiche e sociali in passato non molto sensibili al degrado che la mancanza di una politica di gestione ha provocato nel territorio.

Si è così gradualmente delineata un'inversione di tendenza dall'accettazione di una consuetudine di rapina dell'ambiente ad un atteggiamento di impegno per un'accorta gestione territoriale e per la salvaguardia dell'ambiente stesso.

Da qualche anno parlare di ambiente significa parlare di "sviluppo sostenibile", cioè dei legami tra risorse naturali, sviluppo umano, crescita economica e demografica. L'esperienza infatti mostra che la tutela dell'ambiente è strettamente legata allo sviluppo e che le politiche ambientali devono essere strettamente integrate con l'evoluzione della società.

Decenni di degrado e di disattenzione nei confronti delle risorse naturali e la faticosa messa in marcia degli stessi strumenti giuridici ed organizzativi preposti alla tutela dell'ambiente rendono però molto complessa l'azione di recupero.

Pertanto non è molto diffusa una valida cultura naturalistica che sarebbe una garanzia contro l'abitudine al degrado e favorirebbe i comportamenti necessari per una sana gestione ambientale.

Una risposta alle problematiche ricordate viene dal Piano di Bacino le cui finalità sono dichiarate espressamente all'art. 1 della Legge: esse riguardano la difesa del suolo, il risanamento delle acque, la fruizione e la gestione del patrimonio idrico per gli usi di razionale sviluppo economico e sociale e la tutela degli aspetti ambientali ad essi connessi.

Si tratta quindi di perseguire linee di sviluppo economico e sociale che siano compatibili con l'esigenza prioritaria di garantire l'integrità delle risorse ambientali interessate (sviluppo sostenibile) e siano finalizzate al recupero di situazioni ambientali e territoriali compromesse.

Se la condizione per la sopravvivenza di un sistema sta nella continuità dell'intervento umano, non può poi essere dimenticata la necessità di sviluppare sul piano culturale ed operativo la politica della manutenzione, la cui mancanza è causa prima

delle ricorrenti calamità.

Le tecnologie oggi disponibili offrono una ampia possibilità di scelta, a cominciare dalle tecniche di ingegneria naturalistica la cui incidenza va sempre più ampliandosi, senza escludere, naturalmente, la conferma ed il raffinamento delle tecnologie finora adoperate, specialmente nei casi in cui risultano insostituibili.

L'impegno della Regione Marche è di arrivare ad una pianificazione del territorio in funzione dell'importanza degli obiettivi da raggiungere, con modalità di gestione degli interventi basata sui criteri economici ed ambientali.

\* *Assessore al Territorio*

# Attività tecnica – amministrativa della Regione Marche per la Difesa del Suolo

Dott. Ing. Libero Principi\*

Il Presidente della Regione Marche, nella veste di Commissario Delegato per gli Interventi di protezione Civile con Decreto n. 449 del 16 luglio 1999 ha approvato una Convenzione con l'Associazione WWF Italia ONLUS per lo Studio e la Ricerca di nuove metodologie in materia di difesa del suolo e miglioramento ambientale con riferimento all'Ingegneria Naturalistica. Questa ricerca è stata resa possibile dalla legge 30 Marzo 1998 n. 61, che prevede, nella fase di ricostruzione dopo gli eventi sismici iniziati il 26 settembre 1997, di intervenire con l'obiettivo di recuperare il patrimonio culturale ed ambientale assicurando la riqualificazione e valorizzazione degli ambienti naturali (art.2 comma 2).

Questo lavoro del WWF a sostegno degli interventi nelle aree danneggiate dal sisma, assume un valore di riferimento per tutta l'attività di Difesa del Suolo nell'ambito dei Bacini Regionali, che con l'entrata in vigore In data 1 Dicembre 1999 della Legge Regionale 25 Maggio 1999 n. 13 (Disciplina regionale della difesa del suolo) potrà contare tra breve su una adeguata struttura per proseguire in modo più incisivo e coordinato l'attività tecnica - amministrativa per la gestione del territorio.

La stentata attuazione della Legge 183/89 non ha consentito sino ad oggi la formazione dei piani di bacino ed il loro collegamento con le politiche territoriali della Regione.

È invece urgente ed estremamente importante arrivare al più presto alla elaborazione dei piani di Bacino per condurre all'unitarietà le azioni finalizzate alla difesa del suolo e porre termine agli interventi straordinari che possono risolvere problemi immediati, ma ne creano altri se non sono previsti a scala di bacino.

L'attività per la difesa del suolo svolta dalla regione marche sino all'entrata in vigore della L.R. 13/99 è consistita prevalentemente nella approvazione degli schemi previsionali e programmatici relativi agli interventi nei bacini idrografici regionali con interventi che hanno interessato prevalentemente l'inquinamento, le risorse idriche, la rete idrografica ed il dissesto idrogeologico.

Ai sensi della legge 267/98 è stata fatta la perimetrazione delle aree a rischio idraulico ed idrogeologico.

Tra l'attività normativa, oltre la L.R. 13/99, si evidenziano i seguenti atti:

- Circolare del presidente della G.R.M. n. 1 del 23.01.1997 relativa a "Criteri ed indirizzi per l'attuazione di interventi in ambito fluviale nel territorio della Regione Marche".
- Delibera G.R.M. n. 1694 del 13.06.1997 avente ad oggetto: Approvazione del "Programma biennale di ricerche e studi ricognitivi integrativi e di completamento della fase conoscitiva dell'ambiente fisico costiero marchigiano".
- Legge Regionale 22 Giugno 1998 n. 18 – Disciplina delle risorse idriche – Legge emanata in attuazione delle legge 5 gennaio 1994 n. 36 e 18 maggio 1989 n. 183.
- Delibera G.R.M. N. 1469 del 22.06.1998 avente ad oggetto. Convenzione tra Regione Marche ed Università degli Studi di Ancona (facoltà di Ingegneria – Istituto di Idraulica per studi, indagini, modelli matematici finalizzati alla redazione del piano di difesa della costa ed agli studi propedeutici all'analisi dell'impatto ambientale delle opere di difesa del litorale

marchigiano.

Sono state avviate importanti opere come la sistemazione idraulica dei fiumi Tenna e Misa ed elaborato il progetto preliminare per la sistemazione idraulica dei fiumi Aspio – Musone.

In data 9 Marzo 1999 è stata posta in mare una boa ondometrica direzionale che permette la registrazione in continuo del moto ondoso al largo, l'altezza d'onda significativa e la temperatura superficiale. I dati ottenuti vengono immessi nella Rete Ondometrica Nazionale (R.O.N.)

Con l'entrata in vigore della L.R. 13/99 e la organizzazione in atto della segreteria tecnica si cercherà di dare il massimo impulso alla formazione dei piani di Bacino.

Con i piani si rafforzerà la politica di programmazione intesa come strumento non solo di coordinamento delle iniziative che incidono sulla difesa del suolo, ma anche di riduzione della spesa pubblica.

Non sembra casuale, sotto questo aspetto, quanto previsto dall'art.14 della Legge 109/94 e successive modificazioni di obbligare le amministrazioni aggiudicatrici alla redazione dei programmi triennali e degli elenchi annuali dei lavori sulla base di schemi tipo, definiti con Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 24 Giugno 2000, che consentirà non solo di definire la spesa pubblica ma anche di coordinare gli interventi finalizzandoli a precisi obiettivi.

In questo contesto si dovrebbe arrivare non solo a coordinare gli interventi definiti dal piano di bacino ma a coordinare questi interventi con altri che in qualche modo hanno attinenza con la difesa del suolo, operando un processo di riagggregazione di ciò che nel tempo è stato diviso per settori d'intervento o per confini amministrativi.

Per la formazione dei piani di bacino sono state intraprese una serie di attività:

È in corso la rimodulazione della perimetrazione delle aree a rischio idraulico ed idrogeologico molto elevato ai sensi del D.L. 180/98 convertito in legge 267/98 e successive modificazioni ed integrazioni per l'adozione di piani stralcio relativi al riassesto idraulico e idrogeologico.

È stata avviata la procedura di gara per l'appalto di servizi del rilievo topografico (sezioni e profili longitudinali) delle aste fluviali dei bacini di rilievo regionale.

Tra le altre attività propedeutiche alla redazione di piani stralcio di bacino è stato promosso ed affidato a geologi selezionati a livello provinciale, uno studio finalizzato all'individuazione dei punti critici presenti lungo il reticolo idrografico minore della Regione.

Tale studio prevede l'analisi delle caratteristiche geologiche-geomorfologiche del reticolo idrografico minore al fine di verificare l'attuale stato di dissesto. Lo scopo è quello di determinare specifici interventi tesi al risanamento dello stesso e finalizzati a predisporre norme di salvaguardia per un corretto uso del suolo. Il reticolo idrografico in esame è quello interessato da formazioni plio-pleistoceniche terrigene; tale porzione del territorio corrisponde approssimativamente alla fascia periadriatica.

Nella parte montana del territorio regionale, quella che è stata interessata dalla sequenza sismica iniziata il 26 settembre

1997, sono in corso convenzioni per studi relativi al rischio sismico, rischio geologico, rischio idraulico, all'erosione delle aree montane. Con questi studi, derivati da una intesa istituzionale Stato - Regione, si dovrà pervenire a piani stralcio nei bacini idrografici in cui ricadono le aree terremotate.

È stato infine adottato un piano degli interventi e delle attività nei settori previsti dalla Delibera CIPE n. 299/99 "Lotta alla siccità ed alla desertificazione".

Sono state quindi promosse molte attività per una migliore gestione del territorio ed esistono inoltre molti studi, documenti, piani e programmi, che parlano di difesa del suolo. Ora è necessaria ed urgente l'organizzazione definitiva di una struttura operativa che sappia cogliere l'essenzialità delle problematiche e tradurle in azioni operative. Tutti gli studi a disposizione sono infatti inutili se non si riesce a tradurre in atti concreti il loro contenuto ed a mettere ordine nell'intensa attività che si è svolta sul territorio a livello scientifico pubblico e privato, passando finalmente dalle parole ai fatti.

*\* Segretario generale dell'Autorità di Bacino regionale*

# La sistemazione ambientale nelle Marche

di Andrea Dignani\*

Nella Regione Marche la gestione delle acque superficiali (ruscellamenti, fiumi) da sempre implica una gestione del territorio molto impegnativa e molto accurata. Le caratteristiche chimico-fisiche dei suoli dei nostri ambienti permettono in sostanza sempre un adeguato sviluppo della vegetazione, il paesaggio nel suo insieme è dominato dalla vegetazione.

La vegetazione caratterizza il paesaggio montano, quello collinare e di pianura, gli ambienti umidi, in funzione dei fattori climatici, podologici, e soprattutto delle interazioni biotiche. Le diversità botanico-vegetazionali dei diversi ecosistemi, oltre ad essere espressione delle interazioni "ambientali" sono anche funzionali ad esigenze di stabilizzazione del terreno che ne supporta l'apparato radicale. Nel recente passato sono sorte nuove tecniche di sistemazione ambientale note come Ingegneria Naturalistica che utilizza piante o loro parti per risolvere i problemi di erosione, stabilizzazione e rigenerazione dei suoli. L'Ingegneria Naturalistica è una scienza multidisciplinare, la sua efficacia si fonda sulla integrazione delle conoscenze botaniche, fitosociologiche, ecologiche, geologiche, geomorfologiche, podologiche, idrauliche e geotecniche. Il principio di base di tali tecniche è di lavorare con vegetali vivi, a volte completati con materiali morti e inerti. L'altro importante principio è il trattamento logico per valutare se realmente intervenire su uno specifico problema, se la scelta opportuna dei vegetali può risolvere il problema, se intervenire con tecniche combinate (ingegneria naturalistica – ingegneria civile). L'ultimo principio delle tecniche con materiali vivi è quello che tali metodologie non soddisfano solo le esigenze geomeccaniche ma contribuiscono fortemente al mantenimento ed al miglioramento delle funzioni biologiche e della biodiversità.

Per contro il vegetale non è un elemento cosmetico, l'ingegneria naturalistica non utilizza solamente una o due specie vegetali, la progettazione non è basata unicamente su parametri fisici e matematici ma anche con quelli ecologici, il risultato finale dell'intervento deve condurre ad un ambiente caratterizzato dalla diversità e dalla complessità.

I principali problemi applicativi derivano dalla non perfetta comprensione delle condizioni ecologiche e geologiche dei contesti ambientali interessati da dissesti ed oggetto di intervento, in questo caso vengono a mancare sia le motivazioni scientifiche che le fondamentali indicazioni per le scelte progettuali che utilizzano i materiali vivi.

Gli altri gravi problemi di applicazione delle tecniche sono soprattutto connessi con la non perfetta comprensione dei principi ispiratori e l'importazione di modelli e schemi progettuali senza una specifica verifica per ogni singolo sito ed intervento comporta inevitabilmente risultati approssimativi ed inopportuni.

Per arrivare ai principi sopra esposti sono occorsi anni di sperimentazione e dibattito culturale e scientifico a livello internazionale, in questo momento possiamo disporre di una disciplina scientifica basata su dati e risultati di quelle esperienze pionieristiche intraprese 20 – 30 anni fa soprattutto in nord Europa, grazie a ciò siamo ora in grado di poter interagire positivamente con gli organismi di gestione del territorio, nasce quindi da questo nuovo clima culturale il progetto realizzato con la Regione Marche.

Nel progetto realizzato con la Regione Marche sono state

applicati tutti i principi propri dell'Ingegneria Naturalistica in due casi studio ben definiti, l'approccio di studio è stato quello di definire concretamente una metodologia di analisi per interventi in casi e in situazioni ambientali dove sia le possibilità tecniche che le esigenze ecologiche richiedano soluzioni di alto contenuto naturalistico.

Il progetto è stato realizzato anche con un modulo di formazione interattivo con i funzionari della Regione Marche e con le imprese di costruzione interessate al nuovo settore di lavoro, questa fase è stata di estrema importanza per interagire in maniera produttiva con chi ogni giorno valuta e indirizza le progettazioni sul territorio.

La conclusione del progetto è la produzione di un prodotto tecnico (il manuale) ed un prodotto culturale derivante dalla collaborazione tra un ente regionale ed una associazione ambientalista che da sempre si adopera per la conservazione dell'ambiente.

La reciproca interazione tra i soggetti ha permesso lo sviluppo dei rapporti di scambio di esperienze e soprattutto di visioni ed impostazioni di gestione del territorio, è questa una occasione per capitalizzare e valorizzare sia il prodotto tecnico che quello culturale a supporto anche all'azione della Autorità di Bacino Regionale per tutte le attività di progettazione e pianificazione che competono al Piano di Bacino.

\* *Dr. Geol. Presidente Regionale WWF Marche*

# L'approccio metodologico del progetto WWF-Regione Marche

di Maurizio Bacci\*

L'iniziativa che ha visto la collaborazione del WWF nei confronti degli uffici preposti alla pianificazione e difesa del suolo della Regione Marche è caratterizzata dalle seguenti peculiarità:

1. connessione con i dissesti legati agli eventi sismici;
2. adozione di tecniche combinate per la riduzione di problemi idraulici e di dissesto idrogeologico unitamente al miglioramento o alla riqualificazione ambientale;
3. impiego delle tecniche di ingegneria naturalistica e di rinaturalizzazione;
4. procedura dimostrativa orientata all'applicazione concreta;
5. formazione e promozione culturale dei nuovi approcci.

Per comprendere meglio come sono stati affrontati questi temi, si riporta di seguito l'articolazione del lavoro eseguito, con particolare riferimento ai contenuti del manuale.

## ATTIVITÀ

- Indagine territoriale: problematiche e individuazione di zone omogenee
- Individuazione di siti significativi per lo studio di interventi "tipo", loro caratterizzazione sul piano idrogeologico-ambientale, rappresentatività ed estensione al territorio regionale
- Raccolta di cartografie, progetti e studi sul territorio interessato dai siti individuati
- Studio delle ipotesi di intervento alternative
- Redazione di un manuale di principi e metodi
- Seminario di aggiornamento ai tecnici della Regione Marche
- Visite tecniche a interventi significativi realizzati in Toscana
- Stampa e diffusione del dossier-manuale, numero speciale della rivista WWF Attenzione
- Convegno finale presso la Regione Marche

## MANUALE

- Trattazione delle problematiche di dissesto idrogeologico e qualità ambientale
- Principi e metodi di intervento basati su: corretto uso del suolo (in particolare la "buona pratica agricola"), riqualificazione paesaggistico-ambientale, sistemazioni idrauliche e paesaggistico-ambientali
- Schede tecniche per l'orientamento alla progettazione delle opere di ingegneria naturalistica e di rinaturalizzazione

La destinazione di risorse derivanti dai piani di interventi seguenti agli eventi sismici del '98 hanno permesso di dedicare sforzi allo studio di nuovi criteri in una fase preventiva, e questo ci ha permesso di studiare fenomeni e metodi e di sviluppare un approccio metodologico senza essere condizionati da specifiche situazioni di emergenza, ovvero da ristretti vincoli tecnici e spazio-temporali.

Le problematiche coinvolte riguardano sia il territorio diffuso che situazioni di dissesto puntuale e quindi spaziano dall'uso del suolo alle sistemazioni estensive, dalla regimazione idraulica al consolidamento di siti dissestati, confrontando però gli stessi fenomeni con la necessità e l'opportunità o meno di intervenire, in relazione all'entità dei possibili danni. L'altro fattore considerato nella verifica delle politiche di intervento è l'effetto ambientale, rispetto alla situazione attuale o in prospettiva dell'intervento stesso. Nel caso quest'ultimo fosse ritenuto necessario, saranno le nuove tecniche idraulico-ambientali e di rina-

turalizzazione che permetteranno di ottenere il miglior risultato possibile sotto questo aspetto.

Si è ritenuto ben più opportuno orientare lo studio verso l'applicazione concreta, piuttosto che rimanere sulle disquisizioni teoriche e di principio. Nel manuale sono pertanto prevalenti elaborati tecnici contenenti dati e specifiche utili all'orientamento progettuale, riferite non a casi astratti bensì alle situazioni rilevate effettivamente sui siti del territorio marchigiano considerati significativi e riassuntivi della maggior parte dei problemi di questo genere riscontrabili su scala regionale.

L'altra connotazione di operatività è rappresentata dal corso di formazione, ove ci si è concentrati alla trattazione dei criteri applicativi di queste tecniche e alla descrizione e visualizzazione di casi simili effettivamente affrontati e realizzati (oltre una ventina di interventi in Centro Italia curati dal nostro gruppo).

Infine, visto che le difficoltà applicative e di diffusione di questo nuovo approccio di governo e intervento del territorio sono perlopiù legate a meccanismi di carattere culturale, è stato organizzato un convegno finale, ove si presenteranno i risultati dell'iniziativa e si potranno discuterne gli sviluppi assieme sia ai tecnici che agli amministratori interessati.

\* *Ingegnere ambientale - IRIS sas di Cerbaia Val di Pesa (FI)*

# La gestione idrogeologica del territorio: il ruolo della società, della comunità e degli individui

di Adriano Paoletta\*

## L'aria condizionata

Dal confronto tra la rilevanza planetaria dei problemi e le risposte fornite sembrerebbe che l'umanità stia vivendo un periodo di offuscamento mentale che si manifesta nella palese incapacità di mettere in atto azioni adeguate alla soluzione di fenomeni che pongono a repentaglio non solo la salute della popolazione ma la sua stessa esistenza, almeno nei suoi attuali caratteri.

Questa incapacità ha trovato la sua massima espressione nella dichiarazione del Presidente degli Stati Uniti d'America, Clinton, a seguito della ondata di caldo che interessò quel paese e che comportò numerose morti di cittadini. In essa egli ipotizzava di fornire finanziamenti ai meno abbienti per l'acquisizione di impianti di aria condizionata onde affrontare il caldo crescente. In questa risposta non si considerava che gran parte dei morti erano individui senza fissa dimora e che quindi l'impianto non avrebbero saputo dove installarlo e che gli impianti per freddare scaldano, sia direttamente sia con la richiesta di energia, e in questo fare sono agenti attivi nell'aumento della velocità dei cambiamenti climatici.

Nella sua strutturazione la risposta, sebbene politicamente diversa, assume lo stesso senso di quella di Maria Antonietta, regina di Francia, a proposito della mancanza di pane per la popolazione affamata, in cui stupita domandava perché non gli si dessero i croissant.

Ci si chiede quali siano i fattori che rendono possibile una risposta così superficiale e offensiva per ogni mente pensante. Sicuramente in primo luogo gli interessi economici. In una società mercantile ogni evento diviene evento commerciale, ogni soluzione è volta ad avviare o sostenere attività produttive e non si persegue nessuna soluzione che non sia essa stessa in grado di creare profitti.

L'aria condizionata garantiva la sopravvivenza di alcuni poveri e contemporaneamente i contributi economici sostenevano le industrie produttrici di impianti e facevano aumentare i consumi elettrici, soddisfacendo i produttori di energia.

Ma anche un altro fattore interviene nella definizione di tali ineficaci risposte: i media.

Essi, con la scelta della comunicazione d'effetto e d'emergenza, con la scelta di un giornalismo non informato, con la scelta di riportare ogni argomento alla commozone e allo scandalo sostengono le scelte forti anche se idiote, inefficaci, incongrue purché appaiano decisive.

Questo guazzabuglio coinvolge tutti gli aspetti del vivere e rende difficile capire ed agire di conseguenza e in questo suo capillare operare influisce sulla conduzione delle decisioni anche nel campo dell'assetto idrogeologico e della gestione del territorio.

## La tragedia di Soverato

È inutile elencare quanti e quali siano stati gli eventi catastrofici nel nostro paese collegati a problemi di dissesto idrogeologico. È forse superfluo segnalare che ogni qual volta si sono manifestati, mentre le cause dell'evento potevano essere attribuite ad una vasta gamma di situazioni, in cui frequentemente vi era una responsabilità umana, le cause della tragicità erano sicuramente

mente da attribuire alla cattiva localizzazione degli insediamenti.

È stato così in Piemonte nel 1994 quando le vittime ad Alesandria furono di un quartiere posto ad una quota di solo qualche metro più bassa del centro storico e prossimo alla confluenza di due fiumi; o nel Sarno dove gran parte delle vittime era in edifici situati su di una fiumara canalizzata, o in Valtellina. Nei dibattiti successivi a questi avvenimenti si sono evidenziate alcune responsabilità, si è molto discusso su come intervenire e per ciascuno di questi casi si sono determinati degli investimenti economici per fronteggiare un problema di cui si ha la consapevolezza dell'estensione e del rischio.

Migliaia sono stati i miliardi impegnati per mettere in sicurezza ciascuno di questi territori interessati e decine di migliaia sono stati gli interventi progettati per l'eliminazione o la riduzione del rischio nel paese.

Come una replica di quanto avvenuto negli ultimi anni, nel dopo Soverato sono stati ripetuti tutti i temi: i soccorsi che hanno ritardato; le responsabilità delle amministrazioni, l'abuso edilizio e la quantità di condizioni di alterazione.

Ma proprio perché è stata una replica, quasi di un serial televisivo, si sono manifestati alcuni indicatori di alterazione che non sono stati recepiti né dagli amministratori, né dai tecnici e, ovviamente, tanto meno dai giornalisti. Indicatori la cui interpretazione è invece indispensabile per affrontare il problema del rischio idrogeologico.

Il ritardo dei soccorsi. È evidente che quando una persona è in pericolo vorrebbe essere aiutata al più presto, ma i soccorsi sono arrivati in tre ore circa. Considerando la messa in moto di un meccanismo complicato, la difficoltà di rintracciare il luogo e quella di essere operativi non sembra un tempo particolarmente lungo. Tutto ciò è sicuramente migliorabile ma forse non dirimente anche in relazione alla natura dell'evento.

Su questa richiesta grava una formazione, o deformazione, costruita dalla produzione culturale. La televisione e il cinema dell'eroe che salva tutti ha confuso le menti delle persone che ipotizzano, come avviene in quelle situazioni, che l'intervento sia così perfetto da svolgersi nel momento in cui il fenomeno si manifesta, sulla condizione in evoluzione e non dopo.

In questa maniera ai soccorsi viene dato un potere di modificare il corso dei fenomeni, potere che essi non possono avere. Ma ancora di più questa aspettativa sbilancia l'esatta conoscenza delle relazioni con l'ambiente e con la vita facendo insorgere l'aspettativa di poter essere in grado sempre di indirizzare e di sovvertire l'evento nell'attimo in cui esso si manifesta.

Questa aspettativa annulla il valore dei gesti attuati precedentemente e pone attenzione solo alle azioni che si compiono in quel momento come se la situazione riscontrata dipendesse esclusivamente da quanto in quel momento avviene. Le azioni degli individui, gli errori passati, i comportamenti sbagliati non hanno in quel momento nessun valore: si annulla la storia e si dà spazio solo al presente.

L'uomo senza passato, interessato al solo presente, cui dar significato, sul quale si ragiona e si interviene con tempi ridotti e asfittici, è l'uomo che incarna la condizione tipica della

società globale e dei consumi.

Le responsabilità delle amministrazioni. Abituati ad un paese in cui gli abusi edilizi sono sempre stati in numero quasi maggiore di quello degli edifici regolari si aspettava che anche la situazione di Sovrato fosse derivata da un abuso.

L'abuso non sembra esserci stato e vi è caso che siano stati rispettate nell'istruttoria anche tutte le norme esistenti. Ciò pone in risalto quanto l'abusivismo non sia che uno degli aspetti di un cattivo modo di amministrare il territorio.

Di fatto si è dimostrato che una autorizzazione non garantisce la correttezza delle trasformazioni e che dunque il ruolo dell'amministrazione non è solo di far rispettare le norme ma di indirizzare verso un modello insediativo migliore.

La garanzia di sicurezza e benessere non viene data dalla presenza di un piano ma di un buon piano mentre nel nostro paese si è sempre giudicato rispetto alla presenza assenza e non alla qualità degli strumenti operativi.

Nonostante vi sia un diffuso ostracismo nei confronti di ogni tipo di costrizione amministrativa e di pianificazione e che le persone tentino in tutti le maniere di attuare quanto è nel loro interesse personale, quando si tratta di definire le responsabilità queste vengono scaricate sulle amministrazioni, quasi che esse siano l'agnello sacrificale, nonostante vengano denigrate e invise in ambito territoriale.

Ora l'"agnello" ha una grande parte di responsabilità negli atteggiamenti molto diffusi di connivenza con le scelte sbagliate. Oltre alle connivenze perseguibili in termini di legge, che non interessano in questa sede, la più diffusa connivenza con le scelte sbagliate deriva dal fatto che spesso i tecnici della amministrazioni le ritengono giuste.

La localizzazione di un impianto industriale di una grande multinazionale alimentare in prossimità di un fiume in Piemonte fu vista come una risorsa economica per la collettività e quindi sostenuta da parte dell'amministrazione con le approvazioni e le infrastrutture necessarie, e quando subì danni dall'alluvione ottenne anche contributi per la ricostruzione.

Questo esempio, e ce ne sono migliaia, denota che le amministrazioni attuano un modello che è quello scaturito dalla sommatoria delle richieste degli operatori e dei cittadini; esso è un modello in cui tutti sono accontentati, o restano moderatamente insoddisfatti. E tutto questo passa attraverso il consumo delle risorse naturali e dei beni comuni.

Il consumo dell'ambiente, l'alienazione della proprietà comune e la sua trasformazione in risorsa economica privata è un altro carattere della società dei consumi e della globalizzazione.

La responsabilità degli individui. Il proprietario del campeggio in cui è avvenuta la tragedia dice che ha le autorizzazioni e declina le responsabilità.

Questi sono uomini senza memoria, persone che non conoscono il proprio territorio, che non riconoscono la cultura dei loro nonni, che ricercano un utile immediato senza temporalizzare la convenienza.

Egli delega ad altri le responsabilità non vuole le proprie nemmeno in termini di ragionevolezza e non persecutori. Delega il suo comportamento a norme e abitudini sociali. Non ha un comportamento proprio, riflettuto, costruito.

Il luogo dove è posto il campeggio è in una fiumara; si vede, è chiaro. Nel 1972 vi è stata una alluvione in quella stessa area; nessun insediamento storico e nessuna coltura pregiata è stata storicamente coltivata in quell'area. Ignorare tutto questo significa ignorare se stessi, riconoscersi come nulla e mettersi a disposizione di un mercato che comunque non riconoscerebbe il

valore delle proprie caratteristiche.

Non essere un individuo di un luogo è carattere inalienabile per essere cittadino globale

### **Non si può gestire ciò che non interessa**

Se si vuole affrontare il tema della manutenzione del territorio bisogna ripartire anche da qui: dalla capacità delle persone di essere in un territorio, di conoscerlo e di saper intervenire per gestire la relazione che ad esso lo lega.

Nel corso degli anni si è assistito ad una sempre maggiore quantità di deleghe date dalla popolazione e dalle comunità a tecnici e amministrativi.

In realtà, storicamente, il territorio agricolo e forestale era mantenuto quasi esclusivamente dall'attività svolta dai singoli contadini che, attraverso una serie di azioni quotidiane, garantivano che non si manifestassero forme di degrado. Il sistema agricolo e forestale, il territorio, non era separato dal resto delle funzioni della società, non era solo il luogo della produzione ma anche quello dell'abitare, dell'alimentarsi, dello stare bene e tutto ciò garantito a livello locale dall'uso, e non abuso, di quel territorio specifico.

L'industrializzazione, e la connessa specializzazione, ed oggi la globalizzazione hanno destrutturato queste connessioni. Ovvero i sistemi che producono maggiore profitto ed aumentano il numero di transazioni di mercato hanno destrutturato le società a cui avrebbero dovuto servire per migliorarne le condizioni.

Un imprenditore del nord intervistato negli anni cinquanta, all'epoca delle grandi migrazioni interne al paese, diceva degli immigrati: "quando gli chiedi che cosa sanno fare ti rispondono: tutto. Ma che poi è: niente". In questa dichiarazione vi è il confronto tra due modelli: il primo, ancora vivo nel sud dell'Italia, in cui all'individuo era richiesta una capacità di conoscere e fare un po' di tutto, essere in grado di operare su quanto con lui interagisse: dalla costruzione della casa, alla manutenzione del territorio, alla coltivazione dell'orto, alla manutenzione degli attrezzi, alla cura dei propri malesseri; il secondo, quello consolidato nelle società industriali, in cui all'individuo è richiesto di fare una sola cosa, e solo quella, mentre tutto il resto non lo deve interessare in quanto improduttivo e quindi perdita di tempo. Quando nelle società più ricche gli individui hanno ripreso la gestione del tempo libero l'hanno ripresa come passato tempo, quindi improduttivo, per non divenire concorrenziale con i processi produttivi gestiti dall'imprenditoria.

La rinuncia alle proprie capacità di agire in ragione di una delega richiesta ha portato all'attuale modello che ha favorito il benessere materiale di alcuni attraverso l'alterazione profonda dell'ambiente e la povertà per il resto degli individui.

La delega è contemporanea alla rinuncia a gestire e a gestirsi. Essa ha interessato non solo le cose comuni ma anche oggetti e azioni di competenza diretta dei singoli individui: dalla propria salute, alla propria casa, al proprio territorio.

Tutti gli elementi che formavano l'abitare e il vivere degli individui non appartengono più direttamente ad una comunità ma divengono oggetti astratti, non connessi alla vita delle persone. Il territorio interessa solo quando la sua trasformazione può divenire strumento per un profitto o quando eventi naturali provocano danneggiamenti che interferiscano direttamente con le singole persone.

Questa astrazione è la causa motivante dell'attuale degrado dell'ambiente e del territorio. Il valore dato all'agire individuale, al proprio fare, non è metabolizzato dalla considerazione degli

effetti scaturenti da essi e dall'insieme dell'agire dei diversi individui comporta nell'ambiente. Non vi è coscienza né consapevolezza in quanto non vi è senso della comunità, non vi è la consapevolezza del limite del territorio in cui si è insediati e dunque è ignorato il limite del sistema con cui si interagisce. Troppo lontano e troppo complesso il sistema globale non relazione cause ed effetti e viene essenzialmente basato non sull'equilibrio tra insediati e ambiente ma sulla forza della società che è in grado di prelevare ciò che gli serve anche da sistemi lontani ancorché destrutturandoli e riducendoli in miseria.

La società non ha più la misura della relazione con il territorio ma della potenza assoluta, ageografica, asociale.

Se non si invalidano questi criteri è difficile procedere alla gestione del territorio. Se gli individui e le comunità non ritornano ad essere i primi garanti della qualità del proprio ambiente e continuano a porre in atto una delega totale e disinteressata non si riuscirà mai a riequilibrare gli insediamenti, le attività e i siti che le contengono. E' necessario ricucire questa schizofrenia in cui la delega afferisce ad azioni e criteri indelebili quanto l'esistenza dei singoli cittadini.

Gli individui chiedono autorizzazioni ad un soggetto delegato, autorizzazioni che loro in prima persona dovrebbero evitare di richiedere perché nocive alla loro stessa esistenza; e tutto questo viene fatto come se fosse altro da se', come se essi fossero estranei al contesto in cui vivono e vogliono trasformare, mossi esclusivamente da un interesse economico, unico parametro sociale e culturale in vigore.

Chi è stato delegato nella maggior parte dei casi gestisce con gli stessi criteri e con lo stesso parametro: seleziona scelte compatibili con il sistema produttivo esistente e quindi opere, interventi di trasformazione, relegando le azioni di recupero ambientale e di forestazione ad un ruolo marginale e scarsamente finanziato.

In questa maniera, in un diffuso disinteresse, si sostiene ancora la trasformazione del territorio seppure per la sua messa in sicurezza. Alla delocalizzazione delle concrezioni edificate di Sarno senza verificarne la fattibilità si è preferito il consolidamento dei versanti e la sistemazione dei corsi d'acqua e i cinquemila miliardi della Valtellina sono divenuti strade, gallerie, strutture di contenimento, piuttosto che sostegno ad una comunità e del suo ambiente.

Così per non porre alcun dubbio ad un sistema socio-economico i cui limiti sono palesi, si consolida una categoria di operatori che sostengono l'infrastrutturazione del territorio e che trovano la loro principale ragione di esistere proprio nell'attuazione delle opere, ed in particolare in quelle post-alluvionali che compongono una significativa parte del totale delle infrastrutture costruite.

### **Tecniche e comunità**

In questo quadro la tecnica ha un ruolo rilevante nelle relazioni tra gestione del territorio e comunità.

Ogni comunità aveva la sua capacità tecnica; disponeva di soluzioni ideate in relazione alle condizioni del sito, alla disponibilità di risorse alla capacità di gestione della popolazione. Tutto ciò è stato ignorato evidenziandone i limiti intrinseci alla luce dei criteri produttivistici industrializzati..

Reinteressare la comunità alla gestione del proprio territorio è possibile anche attraverso la predisposizione di interventi di manutenzione che abbiano dimensioni gestibili da parte degli individui della comunità.

Interventi con soluzioni tecniche tradizionali o innovative, ma

semplici, in condizione di essere attuate e mantenute direttamente dalle comunità. Interventi puntuali, attuati nei tempi adeguati, che abbiano una organizzazione di cantiere basata sull'uso di manodopera qualificata, che mirino alla qualità e non alla quantità, che siano messi in opera con continuità ogni anno e tutti gli anni.

Codesti interventi, proprio per le caratteristiche possedute, permeano il tessuto sociale e, richiedendo un numero elevato di operatori locali, producono occupazione.

Anche attraverso queste scelte si ricompongono le relazioni tra comunità e ambiente e si avvia un processo di riequilibrio globale sia sociale che ambientale.

*\* Direttore editoriale "Attenzione"*

# Manuale



## 1. INQUADRAMENTO DELLE PROBLEMATICHE E DELLE LINEE GUIDA

### 1.1. Premessa

Nei paesi maggiormente industrializzati si è attuato un grande cambiamento concettuale nel modo di progettare e gestire trasformazioni territoriali da parte di tecnici e amministrazioni, soprattutto negli ultimi dieci anni.

L'ambiente, inteso come *sistema di ecosistemi*, assume un ruolo sempre più importante nei progetti architettonici e ingegneristici, contestualmente alla formazione di nuove discipline e di nuove professionalità specifiche nel campo ambientale, quali l'ecologia, l'architettura del paesaggio, l'ingegneria naturalistica.

Il maggior elemento di novità di queste discipline e delle progettazioni che ne vengono informate consiste nel fatto che si assume come un obiettivo in sé fondamentale e da perseguire la riqualificazione naturalistica, ossia la ricostruzione di habitat minacciati per fauna e flora, la rinaturalizzazione di aree territoriali significative, la salvaguardia o riedificazione delle reti ecotonali (i corridoi naturalistici); siamo quindi oltre la semplice logica di minimizzazione d'impatto di opere o manufatti.

Perciò, anche se al di fuori degli obiettivi prioritari, contestualmente all'applicazione di tecniche di ingegneria naturalistica mirate a consolidamenti o rivestimenti sarebbe sempre opportuno analizzare la situazione di contorno, intervenendo con specifiche tecniche in caso di problematiche legate al disturbo e al danneggiamento dei valori naturalistici del territorio.

Grazie alle soluzioni che impiegano tecniche di ingegneria naturalistica, in molti casi si possono soddisfare, contemporaneamente, diversi obiettivi normalmente fra loro conflittuali; in particolare: la difesa idraulica, la minimizzazione dell'impatto ambientale, la riqualificazione dell'ecosistema, il miglioramento della fruizione, il miglioramento del paesaggio. In sostanza queste tecniche aiutano brillantemente a trovare la soluzione migliore nell'ambito di un'analisi di tipo multicriterio delle alternative di intervento.

### 1.2. Applicazione ed efficacia delle tecniche di ingegneria naturalistica in zone interessate da eventi sismici

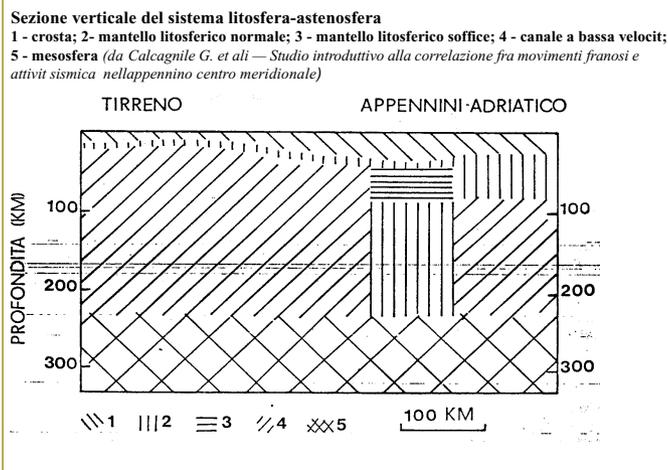
La difesa del suolo sui versanti dei bacini collinari costituisce un settore molto importante per l'ingegneria naturalistica. L'applicazione e l'efficacia di tecniche di ingegneria naturalistica nelle zone collinari è legata alla geomorfologia del territorio, alle pratiche di uso agro-forestale e alle attività di gestione e manutenzione del territorio e dei canali di scolo dei terreni agricoli.

L'applicazione delle tecniche di ingegneria naturalistica nel territorio marchigiano è riferibile a due tipologie principali di aree di intervento: l'area collinare ad uso misto, con relativi problemi di stabilità di versante, erosione da ruscellamento superficiale ed erosione legata alla presenza di torrenti, e l'area semi-pianeggiante, in cui gli interventi sono più prettamente idraulici, riguardando la stabilità delle sponde, l'erosione d'alveo e le zone di espansione.

Il territorio delle Marche ha in più la particolarità di zona sismica, e questo comporta la necessità di accorgimenti e uso di tecniche flessibili e resistenti alle sollecitazioni meccaniche, sia quelle intense e di breve durata sia, soprattutto, quelle di bassa intensità ma frequenti.

L'area appenninica è afflitta da una storica e intensa attività sismica, che probabilmente trova origini profonde a livello della parte superiore del mantello, come illustra la figura; tra gli effetti distruttivi provocati dalle scosse sismiche vanno considerati

anche quelli dell'instabilità dei pendii naturali.



Il rilascio di energia da parte di un sisma può produrre fenomeni d'instabilità dei pendii naturali, sia immediatamente come causa determinante, sia a lungo termine come causa predisponente. Nel primo caso gli effetti sono immediati ed evidenti; nel secondo caso, il sisma produce un rilassamento dei pendii, che si può manifestare in superficie con crepacciature, producendo di conseguenza un aumento della permeabilità ed innescando un processo di decadimento delle caratteristiche di resistenza meccanica.

Le onde trasversali possono produrre tensioni di taglio e quindi possibili scorrimenti lungo preesistenti superfici, le onde di dilatazione, composte con la forza di gravità, possono far superare la resistenza della roccia con la conseguente sua rottura.

L'influenza dell'aspetto sismico sui fenomeni di instabilità dei pendii è condizionata dall'intensità e durata delle scosse e dalla stabilità dell'attività sismica nel tempo; molto probabilmente la frequenza nel tempo delle crisi sismiche influisce maggiormente sull'instabilità rispetto ad eventi, seppur intensi, estremamente sporadici.

Dall'esperienza del terremoto del 1976 in Friuli (*Govi M. & Sorzana P.F. - Effetti geologici del terremoto: frane*) viene dimostrata la diretta correlazione fra crisi sismiche e i dissesti gravitativi. I dissesti verificatisi si sono soprattutto manifestati in due diverse morfologie: le pareti rocciose afflitte da macro giunti e faglie parietali e le incisioni torrentizie su depositi detritici. Dall'esperienza friulana si evidenzia inoltre la forte influenza, quale fattore determinante, nei casi in cui si ravvisa la presenza di frane in passato già attive e/o in attuale stato quiescente.

Le opere di ingegneria naturalistica, da un punto di vista geodinamico, sono da considerarsi opere "passive", vale a dire investite da una sorgente esterna, in questo caso, naturale: il sisma. L'azione (forza, coppia, impulso) derivante dall'evento naturale non può che essere determinabile, con approssimazione statistico-probabilistica, soprattutto in funzione del tipo di interazione dinamica suolo-struttura (sovrastuttura e fondazione).

Dall'esperienza delle ricerche delle strutture costruttive in zone sismiche sono stati messi a punto sistemi di dissipazione di energia sismica, denominati *filtri antisismici*, che sfruttano le caratteristiche di elasticità di particolari materiali e/o tipologie di giunzione tra elementi rigidi.

Nonostante l'assenza di una sperimentazione finalizzata dell'inserimento di opere di ingegneria naturalistica in zone sismiche, possiamo sin d'ora ipotizzare l'analogia del sistema dei filtri antisismici con il sistema suolo - apparato radicale dei materiali vivi;

infatti è ragionevole pensare al contributo elastico del materiale vivo all'interno dell'aggregato terroso, che interagisce con la stessa sovrastruttura.

In considerazione, infine, delle caratteristiche dei materiali prevalentemente utilizzati nell'ingegneria naturalistica (legno morto e vivo) possiamo classificare tali opere e strutture come elastiche o a bassa rigidità, quindi la struttura è essa stessa nel suo insieme un elemento di dissipazione di energia sismica.

In conclusione, si ritiene che una sperimentazione dell'utilizzo delle opere dell'ingegneria naturalistica in zone sismicamente attive sia un settore di ricerca molto interessante e fondato su elementi scientifici di partenza che ben incoraggiano l'approfondimento dell'analisi.

Dal punto di vista dei limiti all'applicabilità delle tecniche di ingegneria naturalistica nel caso di zone sismiche, oltre alle usuali limitazioni è necessario considerare i danni che tali interventi possono subire a causa di terremoti e dei conseguenti dissesti idrogeologici. La previsione della risposta di un'opera alle sollecitazioni meccaniche è parte integrante di ogni progetto di difesa del suolo, ma, mentre tale previsione è più facilmente caratterizzabile e meglio conosciuta nel caso di opere tradizionali, risulta decisamente difficile prevedere la risposta di un sistema vivo alle sollecitazioni meccaniche di origine sismica.

I principali limiti alle possibilità di utilizzo dell'ingegneria naturalistica sono di tipo biologico (condizioni ecologiche del sito), temporale (generalmente il migliore periodo di messa in opera di materiale vivo è quello di riposo vegetativo), di reperibilità del materiale, di necessità di manutenzione, e di tipo tecnico. Mentre le suddette limitazioni si pongono ugualmente in qualsiasi zona di intervento, esistono certo degli specifici limiti tecnici, legati alle sollecitazioni esterne, in zone a rischio sismico.

Per limiti tecnici si intende, in particolare, la necessità di sostenere elevate spinte delle terre, o di bloccare i movimenti gravitativi con piano di scivolamento profondo, non raggiunto dall'apparato radicale delle piante. In questi casi le opere di ingegneria tradizionale risultano insostituibili, ma rimane l'importanza di un complessivo miglioramento delle proprietà meccaniche del terreno, strettamente legato alla presenza di vegetazione, oltre al ruolo fondamentale dell'ingegneria naturalistica come misura di mitigazione dell'impatto ambientale determinato dalle opere.

Nelle zone a rischio sismico la strategia di intervento più efficace è data dalla combinazione di diverse azioni: miglioramento complessivo delle caratteristiche meccaniche del terreno mediante orientamento degli usi del suolo e interventi diffusi di ingegneria naturalistica che limitino l'erosione superficiale; interventi puntuali di stabilizzazione con tecniche di ingegneria naturalistica, interventi di ingegneria tradizionale nei casi in cui l'ingegneria naturalistica non può essere in grado di risolvere il problema.

### **1.3. Linee guida per l'applicazione delle tecniche di ingegneria naturalistica nel territorio marchigiano: aspetti trattati nel manuale**

Il presente lavoro non ha comunque l'obiettivo di studiare le problematiche inerenti il rapporto fra eventi sismici e applicazione degli interventi di sistemazione del suolo, bensì di presentare un quadro dei principi applicativi e una illustrazione delle tecniche di ingegneria naturalistica applicabili in contesti significativi il cui assetto del suolo è influenzato anche da eventi sismici.

Nel manuale si cercherà quindi di fornire indicazioni sulle tipologie di tecniche di ingegneria naturalistica che si ritengono più adatte al territorio delle Marche, considerando anche il suo carattere di zona sismica.

Le tecniche successivamente descritte in questo manuale sono state studiate per due siti che sono stati ritenuti rappresentativi della maggior parte delle situazioni riscontrabili nel territorio marchigiano. Partendo dalle opere proposte per questi due siti, vengono quindi prospettate le linee guida per la progettazione di interventi con tecniche di ingegneria naturalistica applicabili in situazioni tipo nelle quali si presentino le seguenti due classi di problematiche più diffuse.

#### **EROSIONE DA RUSCELLAMENTO**

Uno dei problemi principali in aree collinari è quello dell'erosione da ruscellamento. Questo tipo di problema può essere in parte affrontato e risolto con un adeguato uso del suolo, in modo che la presenza di vegetazione e canali di raccolta delle acque meteoriche limitino la quantità di acqua di ruscellamento, la velocità di scorrimento e, dunque, la capacità erosiva dell'acqua stessa.

La presenza di vegetazione, infatti, agisce contro tutti i meccanismi erosivi, riducendo l'acqua di ruscellamento mediante infiltrazione, riducendo l'erosione da impatto delle singole gocce mediante intercettazione, aumentando la resistenza al taglio del terreno mediante l'aggregazione dovuta alle radici e alla materia organica e, infine, riducendo la velocità di ruscellamento mediante aumento della scabrezza del terreno.

I fossi di scolo funzionano invece come vie preferenziali di raccolta e scorrimento dell'acqua, evitando che questa scavi solchi e trovi da sola le vie di scorrimento nelle zone più vulnerabili e scoperte del versante.

Nelle aree collinari si deve inoltre considerare la presenza di torrenti che, con la loro instabilità (erosione d'alveo e instabilità di sponda), possono incrementare i problemi di erosione di versante a causa delle frequenti esondazioni.

Quando l'uso del suolo non è corretto o l'assetto di esso non è tale da contenere i fenomeni di erosione, è necessario intervenire con tecniche di supporto, che hanno la funzione di generare un complessivo miglioramento delle condizioni di erodibilità del versante e non quella di risolvere problemi puntuali di instabilità. Scopo di queste tecniche è appunto quello di creare delle vie di drenaggio delle acque meteoriche e/o di migliorare le condizioni di stabilità dei torrenti naturali e dei canali artificiali di scolo.

Tecniche di questo tipo sono, in particolare: drenaggi con canalette in legname, riempimento di solchi di erosione con ramaglia, opere trasversali in fascinata, opere trasversali in palizzata. Queste verranno illustrate nel seguito da specifiche tavole tecniche.

#### **INSTABILITÀ DI SPONDE E VERSANTI**

Per i problemi di stabilità bisogna agire con tecniche puntuali di stabilizzazione, valide sia per le sponde fluviali che per i versanti. La geometria dei meccanismi di instabilità di sponde e versanti è di fatto la stessa, con differenti ordini di grandezza degli elementi coinvolti (lunghezza del pendio, profondità della superficie di rottura, profondità del livello di falda, etc.).

In questi casi la vegetazione agisce in profondità, migliorando le proprietà meccaniche del terreno essenzialmente con due meccanismi: aumento della resistenza al taglio e riduzione della quantità di acqua nel terreno e quindi delle pressioni neutre.

Tecniche molto usate in questi casi sono: gradonata viva, cordonata viva, palificata, grata viva, anch'esse illustrate nel seguito.

Si ritiene che, nell'ottica di un'azione finalizzata alla minimizzazione del dissesto idrogeologico diffuso, non si possa limitare la trattazione alle sole tecniche ingegneristiche puntuali, ma sia molto importante partire dal contesto che origina il problema,

ovvero l'uso del suolo. Si procederà quindi nel seguito a presentare una rassegna di tali problematiche individuando i criteri e le tecniche principali di intervento a livello di uso del suolo, per poi affrontare, nella seconda parte, la trattazione delle opere di ingegneria naturalistica.

## 2. USO DEL SUOLO E DISSESTO IDROGEOLOGICO

### 2.1. Uso del suolo e assetto territoriale

Esistono molteplici soluzioni per il miglioramento delle condizioni di stabilità dei terreni dissestati in ambienti collinari attraverso interventi sulle pratiche correnti di uso del suolo, e in gran parte queste soluzioni potrebbero essere applicate nel territorio regionale.

Nelle Marche stanno infatti gradualmente scomparendo le bellissime colture promiscue tradizionali, nelle quali olivi e viti si accompagnavano a colture cerealicole od orticole, ed insieme a queste scompaiono le siepi campestri, le alberate, le sistemazioni agrarie tradizionali, le opere storiche di canalizzazione delle acque meteoriche. Queste trasformazioni, principalmente legate alla meccanizzazione spinta dei processi ed alle dinamiche del mercato agricolo, producono grandi ferite al paesaggio ed all'ambiente, soprattutto negli ambiti collinari dove maggiore era la diversificazione e la complessità ambientale.

Le conseguenze di questi cambiamenti sono talvolta irreversibili e distruttive: diminuzione dei tempi di corrvazione e incremento delle portate di piena dei fiumi, aumento dell'erosione, perdita di fertilità dei suoli, riduzione della copertura forestale, predisposizione ed innesco di dissesti e frane.

Si deve considerare al proposito che anche gli organi tecnici della Comunità Europea hanno tematizzato il problema della compatibilità e sostenibilità ambientale delle pratiche agricole, e che l'Agenda 2000 in corso di redazione sarà probabilmente molto orientata verso il raggiungimento di tale obiettivo, con criteri di sostegno alle aziende agricole non più indifferenziati.

### 2.2. Le pratiche agricole a minimo impatto ambientale

I problemi che derivano dall'agricoltura come noi la conosciamo, cioè problemi d'inquinamento, di innesco di dissesti locali, di perdita di fertilità e peggioramento della struttura del terreno, trovano in parte soluzione nell'agricoltura biologica. L'agricoltura biologica è, come la parola già indica, finalizzata a lavorare in modo biologico e ecologico, cioè in coerenza con la natura e con i suoi cicli: non si impiegano concimi chimici, pesticidi e diserbanti, non si operano rovesciamenti degli orizzonti del suolo tramite lavorazioni profonde, si migliora la struttura del terreno tramite ammendanti naturali, si attuano rotazioni e messe a riposo. Il concetto di agricoltura biologica ha origine ai primi del secolo soprattutto nei paesi del nord dell'Europa, ma ultimamente assistiamo a una grande crescita delle aziende biologiche o delle conversioni al biologico anche in Italia, in conseguenza di un forte incremento della domanda al consumo.

Due sono i movimenti principali ai quali si richiamano coloro che praticano l'agricoltura secondo natura:

1. l'agricoltura biodinamica, (fondata secondo le ispirazioni filosofiche del pensatore tedesco Rudolf Steiner (la cosiddetta dottrina antroposofica). L'azienda agricola biodinamica viene vista come un organismo vivente, in armonia con la Terra e il Cosmo, operante in una sorta di ciclo chiuso. Ogni azienda agricola cerca di quindi di garantirsi l'autosufficienza, mante-

nendosi senza intervento dall'esterno. Per avere un ciclo chiuso le aziende devono obbligatoriamente essere di tipo misto, cioè oltre alla coltivazione prevedono allevamento di animali per ottenerne il letame e i prodotti alimentari derivati (il che significa che una porzione del terreno è sempre a prati o a colture foraggere). Le lavorazioni (semine, concimazioni, etc.) vengono fatte secondo schemi fissi dedotti dai movimenti cosmici. I prodotti che ne derivano sono di alta qualità e di alto valore nutrizionale e non contengono sostanze tossiche. Per combattere i parassiti delle piante si applicano la rotazione delle colture, insetti predatori (ad es. la coccinella contro gli afidi) e preparati biologici (quest'ultima pratica è tipica dell'agricoltura biodinamica)

2. l'agricoltura biologica, così definita dagli Svizzeri H.P. Rusch e H. Müller negli anni '40. L'agricoltura biologica non è collegata a una dottrina rigida, mira soprattutto a lavorare in modo biologico, inserendo l'uomo nel ciclo del vivente. Applica anch'essa il ciclo chiuso delle risorse e la rotazione delle colture. I suoi prodotti nascono in un terreno vivo, ricco di microrganismi benefici e di humus. Spesso le aziende biologiche non sono di tipo misto e non sono quindi del tutto autosufficienti.

Oltre questi movimenti, ci sono poi le molte aziende che cercano semplicemente di limitare l'uso di prodotti chimici (praticando lotta integrata o lotta guidata), o che attuano conversione alle produzioni biologiche come semplice strategia di mercato.

Il lavoro umano in una azienda biologica è maggiore rispetto a quello in una azienda convenzionale, soprattutto a causa della lotta contro le specie erbacee infestanti dei coltivi, che per gran parte vengono combattute a mano.

Uno dei contributi maggiori al contenimento dei dissesti territoriali fornito da queste pratiche agricole deriva dal loro carattere non estensivo, dalla compresenza di vegetazione erbacea, arborea e arbustiva, dal rifiuto di lavorazioni in profondità del terreno, dall'uso di ammendanti e concimi naturali che migliorano la struttura del suolo: il letame miscelato con la paglia viene sparso sulla terra e interrato con l'aratro su campi agricoli e con l'erpice sui prati, il letame fluido viene invece iniettato nei prati o sparso sui campi e in seguito erpicato, il letame di polli viene infine miscelato con quello delle mucche.

### 2.3. Ricadute ambientali delle pratiche di lavorazione e gestione del suolo

Un grande problema di questi ultimi decenni, è l'aumento delle piene e delle inondazioni causate dalla antropizzazione dei corsi d'acqua e dall'aumento delle superfici impermeabili (a causa del continuo incremento delle infrastrutture e degli insediamenti), che hanno causato l'aumento della velocità di scorrimento dell'acqua e, di conseguenza, la riduzione dei tempi di corrvazione: dove prima c'era un ritardo naturale (asperità di sponde, vegetazione, etc.), oggi ci sono sempre meno ostacoli che frenano l'acqua, e questo fatto contribuisce all'inaridimento del suolo e all'aumento di pericolosità degli eventi di piena.

Anche i coltivatori contribuiscono ai problemi sopra nominati, eliminando, spesso illegalmente, fossi naturali e canalizzazioni, vecchie sistemazioni agrarie, quali ad es. terrazzamenti o gradonamenti, convertendo i loro terreni in campi vasti e ininterrotti che in caso di forti precipitazioni provocano fenomeni di dissesto ambientale e idraulico.

Il dilavamento delle sostanze fertili nei terreni agricoli collinari viene per esempio accettato come un fatto inevitabile e normale. Invece se l'erosione non viene arrestata prima che arrivi agli strati non lavorabili, cioè rocciosi o sterili, potrebbe danneggiare

irreversibilmente gli assetti agronomico-ambientali. Questo è un grande problema negli ambienti collinari e montani e, dal punto di vista della salvaguardia da dissesti, l'utilizzazione prativa o pratorascoliva sarebbe non solo consigliabile, ma senza dubbio preferibile ai seminativi (C. Zanchi; Agricoltura Ricerca, n. 107 Ismea, Roma).

L'erosione su un terreno agricolo non dipende solamente dal ruscellamento dell'acqua superficiale sul terreno, ma anche e principalmente dall'azione battente delle gocce d'acqua (splash-erosion) sul suolo (Zanchi, 1983), che altera la struttura superficiale di esso con rottura degli aggregati meno stabili e aumento conseguente del ruscellamento. L'azione battente delle gocce (ossia l'energia cinetica) dipende dalla larghezza, dalla velocità e dalla quantità di gocce per metro quadro. Per prevenire l'azione battente sul suolo si dovrebbe evitare il più possibile di lasciare il terreno a maggese nudo, soprattutto nei periodi ad alta probabilità di pioggia (corrispondenti nel Centro Italia alla primavera e all'autunno).

Per evitare terreni lasciati a maggese, si dovrebbero comunque diminuire le superfici arate, soprattutto dove non c'è necessità, come, per esempio, nell'olivicultura. In questo caso sarebbe meglio vangare circolarmente intorno ad ogni albero con la vangatrice o con un motocoltivatore. Nella viticoltura è raccomandabile non arare tutta la superficie d'impianto ma al massimo una sola striscia tra le file. Meglio sarebbe trinciare l'erba molto bassa e erpicare una piccola superficie o una striscia al piede delle viti, dove si potrebbe incorporare il concime.

Un'altra azione utile per diminuire l'erosione riguarda la lavorazione del suolo: la minima lavorazione dei terreni agricoli viene chiamata "mimum tillage" ed è molto efficace per ridurre l'erosione. È comunque consigliabile non disgregare eccessivamente il suolo superficiale, scendendo il meno possibile in profondità; un principio fondamentale sarebbe quello di lavorare i campi su pendici, se è possibile, secondo le linee di livello; laddove questo contrasti con le necessità di operare in sicurezza con il mezzo non inclinato oltre il 20%, si rinvia alle osservazioni già fatte.

Invece di arare con l'aratro usuale (che rovescia e sconvolge gli orizzonti naturali del suolo) è consigliabile usare l'aratro "chisel" che ara meno profondo (fino a 30 cm di profondità, anche se sarebbe meglio arrestarsi alla profondità di 15 cm).

Nelle viti-oliviculture si potrebbe lavorare il terreno solo mediante una erpicazione, più che sufficiente a rompere le zolle in periodo estivo riducendo gli effetti della siccità

Nei terreni in pendenza la lunghezza dell'appezzamento è di grande importanza per la quantità del materiale che si erode durante una pioggia. Fino ad una quindicina di metri di lunghezza l'erosione ha un incremento lineare, mentre oltre queste misure tale crescita diventa di tipo logaritmico (Bazzoffi & Zanchi 1987). Ne deriva che per diminuire l'erosione sarebbero da evitare appezzamenti lunghi, e ciò suggerisce di interromperne la lunghezza con rotture di pendenza quali ad. es. un fosso, una striscia d'erba, una gradonatura (almeno ogni 30-100 metri si dovrebbe però collocare un fosso di guardia, meglio se permanente e vegetato).

Per valutare l'entità dell'erosione sui campi agricoli molto importante è il tipo di copertura vegetale. Ad esempio in un confronto tra graminoidi da prato e mais è l'erba la miglior copertura e il mais la peggiore. Per mantenere l'erosione entro valori pari alla velocità di formazione del suolo (Zanchi, 1983), negli ambienti collinari e montani, il mais dovrebbe essere seguito da 5 anni di prato, e il grano da 2 anni di prato. Importante è cercare di diminuire il più possibile l'erosione, cioè cercare di coprire il terreno il

più possibile sia nel tempo sia nella superficie di copertura. Negli ambienti collinari è consigliabile cambiare ogni anno il tipo di coltura e inserire nella rotazione anche il prato. Attraverso un piano di rotazione, ad esempio di 5 anni, si potrebbero mettere colture a basso rischio d'erosione dopo colture ad alto rischio e ogni 5 anni lasciare il terreno al riposo, seminando miscugli da prato.

Esistono anche metodi di coltivazione pensati per ridurre l'erosione sui campi agricoli (Morgan & Rickson 1995) che consistono nell'uso contemporaneo di colture ad alto e basso rischio d'erosione:

- Stripcropping (piantagione a fascia)
- Alley-cropping (piantagione ad aree)
- Grass strips (strisce d'erba)

Lo stripcropping si riferisce alla messa a dimora di fasce di specie diverse lungo il pendio. Fasce di piante ad alto rischio d'erosione vengono alternate con fasce di piante a basso rischio d'erosione (ad es. grano e successivamente erba prativa). La vegetazione nelle fasce viene ruotata, così la fertilità rimane su tutto il campo. Sui pendii ripidi e su suoli ad alto rischio d'erodibilità le fasce d'erbe possono essere permanenti.

L'alley-cropping o piantagione ad aree è un sistema agro-forestale, nel quale colture ortive d'erbacee (con alto rischio d'erosione), vengono coltivate in aree che seguono il profilo del pendio e incorniciate con siepi arborescenti o cespuglieti.

Le grass strips o strisce d'erba devono svilupparsi lungo il profilo del pendio e funzionano come tamponi che raccolgono la terra del ruscellamento. Vengono usate specie a rapida crescita, fitte, e che non infestano le colture circostanti. Una specie molto usata in Asia è la *Vetiveria zizanioides* che cresce in quasi ogni clima e luogo. Il sistema delle strisce d'erba può essere utile dove sono stati rimossi fossi o siepi, sui coltivi collinari di una certa estensione. La striscia d'erba funziona come un tampone che col passare del tempo si trasforma in una terrazza indotta dall'erosione. Invece di strisce d'erba può essere usato il mulch, che però è meno efficace.

### 3. FATTORI DI INFLUENZA PER L'ASSETTO DEL SUOLO

#### 3.1. Il ruolo della sostanza organica contro l'erosione

Se un terreno agricolo comprende relativamente poca sostanza organica (<2%), la quantità di terreno che si erode sarà più elevata in proporzione a terreni con sostanza organica elevata (>4%). La sostanza organica, dopo essersi trasformata in humus nel suolo, ha un buon effetto sulla stabilità degli aggregati del suolo e aumenta la resistenza contro il ruscellamento superficiale. Gli aggregati si formano durante la degradazione della sostanza organica per attività microbiologica e microfaunistica nel suolo.

Gli effetti della presenza di humus sono importanti: l'humus diminuisce la necessità di penetrazione delle radici incrementando la crescita delle piante, aumenta la permeabilità, migliora l'infiltrazione e la lavorabilità del suolo.

Oltre alle fibre vegetali esistono altri tipi di sostanze organiche utili per produrre humus, come il letame e il mull, che è già in realtà un humus. La migliore sostanza organica, anche se la più sconosciuta, è il mull prodotto dai lombrichi (*Eisenia foetida*) che trasformano scarti organici o deiezioni in compost; Il mull ha grandi vantaggi che sono la lunga permanenza nel suolo, la presenza di molti nutrienti e la provenienza da rifiuti organici riutiliz-

zati. Il riuso dei rifiuti organici e degli ammendanti vegetali da questi derivati è una buona cosa dal punto di vista ecologico, ma purtroppo la maggioranza dei coltivatori per restituire fertilità ai suoli coltivati utilizza prodotti chimici di sintesi (in genere concimi ternari) che alterano il chimismo del suolo e talvolta uccidono le utilissime popolazioni batteriche. Un altro tipo di sostanza organica molto adatta, sia contro l'erosione sia come concime, è il letame miscelato con la paglia o altre fibre vegetali. Questa concimazione, usata da tempi immemorabili, viene prima applicata sul suolo e poi incorporata attraverso l'aratura. Nell'agricoltura biologica questo è il metodo di concimazione ordinariamente usato.

I maggiori problemi di erosione su terreni appena preparati e seminati sono legati alla messa a nudo ed alla fragilità del suolo nel momento della semina soprattutto su campi con elevata pendenza. In quel momento una pioggia violenta potrebbe distruggere gran parte del lavoro e impedire per lungo tempo di risistemare la coltivazione a causa dell'umidità.

Una soluzione ottima è quella di gettare un strato di mulch (fibre vegetali, quali ad es. paglia di grano o fiorume) sul campo appena seminato. In questo modo la pioggia non batte direttamente sul suolo e non rompe gli aggregati buttando all'aria i semi, che con l'afflusso d'acqua vengono ruscellati. Lo strato di mulch produce una forte riduzione dell'erosione; già se usato in piccole quantità (0,5 t/ha) può ridurre l'erosione del 35% (Morgan & Rickson, 1995), riduce l'erosione del suolo attraverso la riduzione dell'impatto cinetico delle gocce di pioggia, la diminuzione della velocità di ruscellamento, l'aumento dell'infiltrazione del suolo, l'aumento della quantità d'acqua trattenuta nello strato superficiale, il miglioramento della struttura del suolo e il miglioramento dell'attività biologica (Lal, 1977). Il mulch può essere applicato a mano o gettato con una macchina soffiante (Schiechl & Stern, 1992). Altri vantaggi dell'uso del mulch sono l'aumento della sostanza organica nel terreno e il basso costo.

### 3.2. Effetti della vegetazione sulla stabilità dei versanti e sull'erosione

Occorre premettere che la vegetazione contribuisce al mantenimento degli equilibri ecologici influenzando molti processi naturali; nelle sistemazioni paesaggistico-ambientali, la vegetazione ha di conseguenza diversi ruoli:

- **Modifica il sistema idrologico-idraulico**, aumentando la permeabilità dei suoli e favorendone quindi un più rapido prosciugamento, consentendo al tempo stesso una maggiore conservazione dell'acqua attraverso l'aumento dell'infiltrazione e della percolazione dell'acqua nel terreno ed il rallentamento dei tempi di evaporazione.
- **Influisce sul microclima**, attraverso l'ombreggiamento del suolo, l'aumento di umidità atmosferica per evapotraspirazione, la riduzione della ventosità ( il clima in prossimità del terreno, a ridosso di siepi o alberate, è più caldo durante venti freddi e più freddo durante venti caldi in confronto ai campi non protetti).
- **Diminuisce l'erosione del terreno superficiale**, in quanto gli apparati radicali trattengono i granuli di terra, soprattutto durante pioggia o vento forti.
- **Edifica habitat per la fauna**, poiché per gli animali la vegetazione è in genere il posto per nascondersi, per nidificare, per cibarsi. Molte specie animali si spostano solo attraverso boscaglie e siepi perché temono la predazione nel terreno nudo, e ciò rende importante il mantenimento di più connessioni vegetali possibili tra diversi ecosistemi (se togliessimo tutte le siepi dalle aree coltivate, impediremmo a molte specie

animali di spostarsi, il che comporterebbe alla lunga una minaccia alla loro sopravvivenza ed un impoverimento della biodiversità).

Le piante svolgono un ruolo fondamentale di consolidamento e protezione sui pendii non lavorabili.

Ogni specie ha le sue caratteristiche che sono sfruttabili a seconda delle problematiche del terreno (ad esempio piante con radici profonde quali *Fraxinus excelsior* vengono usate per il consolidamento o la bonifica).

In generale, in ingegneria naturalistica per la scelta delle specie adatte vengono applicati i seguenti quattro criteri:

- conformità allo scopo dell'intervento
- caratteri ecologici delle specie
- attitudine biotecnica delle specie
- provenienza

Il carattere ecologico è l'espressione della reazione alle condizioni stazionali. Le piante già presenti nell'ambiente circostante sono indicatori delle condizioni stazionali. Le specie da impiegare devono, nelle sistemazioni naturalistiche, essere analoghe a quelle che si trovano nell'ambiente circostante (Schiechl & Stern, 1992) o che potenzialmente vi si troverebbero. Dato che si lavora prevalentemente su scarpate prive di copertura, su terreni grezzi, poveri di sostanze nutritive, cioè in condizioni estreme, si prediligono in genere le piante pioniere.

La costituzione biotecnica esprime una serie di particolari caratteristiche delle piante:

- facoltà di colonizzare terreni grezzi (le piante pioniere preparano la strada agli ulteriori stadi di successione)
- resistenza alla sollecitazione meccanica (peso manto nevoso, caduta sassi, tensione di trazione e di taglio)
- azione consolidante del terreno (dipende della forma delle radici e dalla densità della radicazione)
- forza edificatrice (l'azione miglioratrice del terreno o della stazione a seguito dell'impianto)
- resistenza al salino (importante sulle coste e lungo le strade dove viene applicato sale come antigelo)

La provenienza ha importanza per la vitalità della vegetazione. Per principio occorrerebbe cercare di utilizzare solo piante autoctone, cioè provenienti dalla zona vicina al cantiere di lavoro, in quanto più facilmente adattabili alle condizioni stazionali.

Svolte queste considerazioni preliminari, si deve rilevare che nello specifico del problema in esame, l'instabilità di un versante raramente deriva da un singolo processo, ma è piuttosto il risultato di una complessa interazione tra vari processi e meccanismi che spesso agiscono sul versante simultaneamente. Questi sono raggruppati in due principali categorie:

1. processi di erosione, attraverso i quali si ha rimozione e trasporto di particelle individuali o aggregati di particelle dalla superficie esterna del versante;
2. movimenti di massa, caratterizzati da movimenti di masse di materiale costituente il versante in seguito all'azione della gravità.

Per l'applicazione di tecniche di ingegneria naturalistica è necessario tenere conto degli effetti, positivi e negativi ai fini della stabilità, della presenza di vegetazione sui versanti.

La vegetazione interagisce con il terreno mediante:

1. EFFETTI IDROLOGICI : - evapotraspirazione;
  - intercettazione;
  - infiltrazione;
  - suzione matriciale.
2. EFFETTI MECCANICI : - rinforzo del terreno;
  - effetto arco e di appoggio

- del terreno retrostante;
- sovraccarico;
- trasmissione delle sollecitazioni del vento;
- aggregazione del terreno;
- effetto di ancoraggio.

In generale i meccanismi idrologici sono positivi se portano ad una riduzione della pressione dell'acqua nel terreno, mentre sono negativi se ne causano l'aumento (aumento delle pressioni neutre e conseguente riduzione delle pressioni effettive, dunque della resistenza a rottura del terreno).

Gli effetti meccanici della vegetazione sono favorevoli alla stabilità se determinano un aumento della resistenza al taglio del terreno, mentre sono negativi se incrementano le sollecitazioni esterne sul terreno stesso.

### 3.2.1. Effetti della vegetazione sull'erosione superficiale

La presenza di vegetazione comporta, in terreni coesivi o granulari parzialmente saturi, una capacità di drenaggio superiore a quella dello stesso terreno privo di vegetazione per la concomitanza di vari meccanismi, quali in particolare l'intercettazione delle gocce di pioggia da parte della pianta, la traspirazione ad opera dell'apparato radicale ed il conseguente incremento di suzione nella porzione non satura del terreno.

**Intercettazione:** agisce riducendo la quantità d'acqua che raggiunge il terreno.

Le perdite per intercettazione che si verificano su versanti vegetati dipendono da molti fattori, inclusi il tipo e le specie di vegetazione presente, la percentuale di area coperta da vegetazione, l'intensità e la durata delle precipitazioni, le condizioni di umidità precedenti, i fattori climatici e stagionali.

Greenway riporta i risultati di uno studio di Sternberg in cui si rileva che una copertura vegetale intercetta dal 10% al 25% delle precipitazioni, con punte del 100% nei periodi di piogge leggere. L'intercettazione riduce anche l'erosione dovuta all'impatto delle gocce sul terreno e quella dovuta al ruscellamento superficiale dell'acqua.

**Traspirazione:** le piante assorbono acqua dal terreno e la perdono nell'atmosfera tramite *evapo-traspirazione*, riducendo il grado di umidità tra due eventi di pioggia ed abbassando il livello di falda. Anche in questo caso il tasso di traspirazione dipende da numerosi fattori quali in particolare il tipo e la dimensione della pianta, i fattori climatici e le caratteristiche del terreno. L'assorbimento di acqua da parte delle piante per traspirazione ha quindi l'effetto, riducendo il contenuto d'acqua nel terreno, di ridurre anche le pressioni interstiziali e di alterarne la distribuzione anche ben al di sotto della zona interessata dalle radici.

**Suzione:** nella zona insatura, anche al di sotto delle radici, l'effetto della traspirazione viene risentito attraverso un aumento di suzione. Infatti le radici aspirano acqua dal terreno, aumentando l'altezza della frangia capillare, favorendo il flusso non saturo di acqua interstiziale verso la superficie ed infine inducendo maggiore perdita per evaporazione superficiale.

Richards *et al.* (1983) riportano ad esempio un notevole incremento di suzione in prossimità di alberi rispetto ai valori misurati nell'adiacente pianura soggetta a pascolo.

**Infiltrazione:** l'aumento di infiltrazione si può verificare per il rallentamento del deflusso superficiale dovuto alla presenza di piante e per la maggiore permeabilità del livello superficiale di terreno. L'incremento di permeabilità dello strato superficiale in presenza di vegetazione può essere dovuto alla presenza di maggiori vuoti e vie preferenziali di infiltrazione in corrispon-

denza degli apparati radicali, in particolare in seguito alla decomposizione delle radici di piante morte.

Nassif & Wilson (1975) hanno osservato come un versante poco inclinato (9°) ricoperto d'erba presenti una capacità di infiltrazione quadrupla rispetto ad un pendio di uguale geometria privo di vegetazione.

Una maggiore infiltrazione riduce il volume del deflusso superficiale e pertanto svolge un ruolo favorevole rispetto all'erosione superficiale; lo stesso fenomeno può però avere effetti negativi rispetto ai movimenti di massa, dal momento che comporta un aumento della pressione dell'acqua interstiziale; tuttavia, nel caso di vegetazione viva l'aumento di permeabilità del livello superficiale è controbilanciato dall'assorbimento di parte o di tutta l'acqua infiltrata da parte delle piante.

Complessivamente, l'azione di intercettazione delle gocce di pioggia da parte delle foglie e la traspirazione riducono l'entità del ruscellamento superficiale, al quale principalmente i processi di erosione superficiale sono legati. Inoltre la presenza di vegetazione sulla superficie del versante esercita un'azione di protezione diretta, ostacolando il distacco di singole particelle e al tempo stesso rallentando la velocità delle acque di ruscellamento superficiale quindi riducendone la capacità erosiva. Un ruolo positivo è svolto inoltre, come già ricordato nel paragrafo 2.4, dalla sostanza organica derivante dalla decomposizione di resti di fibre vegetali, che si concentra in superficie e che favorisce l'aggregazione di particelle del terreno, facilita l'infiltrazione, riducendo quindi ulteriormente il ruscellamento superficiale e aumentando l'acqua disponibile per nuova crescita di piante.

### 3.2.2. Effetti della vegetazione sui movimenti di massa

La presenza di vegetazione su un versante può agire a favore o a sfavore della stabilità, a seconda del tipo e della distribuzione delle piante. Generalmente l'effetto sui movimenti di massa è rilevante solo in caso di vegetazione piuttosto pesante, essenzialmente arborea.

In generale la presenza di vegetazione favorisce la stabilità (in modo diretto e non) nel caso in cui migliori le caratteristiche meccaniche del terreno, mentre può favorire instabilità nel caso in cui aumenti le sollecitazioni meccaniche esterne.

**Sovraccarico:** dovuto alla vegetazione pesante, soprattutto a quella arborea. Seppure esso è molto spesso ritenuto un effetto destabilizzante, può in molti casi invece svolgere un ruolo stabilizzante nei confronti del versante. Il peso della vegetazione, infatti, può essere scomposto in una componente normale ed una parallela al pendio e ad una potenziale superficie di scivolamento (Selby, 1982; Greenway, 1987). La prima ha un effetto stabilizzante in quanto aumenta gli sforzi efficaci quindi la resistenza al taglio per attrito, mentre la seconda ha un effetto destabilizzante dal momento che aumenta le sollecitazioni di taglio lungo la potenziale superficie di scivolamento. Pertanto il prevalere degli uni o degli altri effetti dipende principalmente dall'inclinazione del versante: su versanti con pendenze relativamente basse, il contributo del sovraccarico in direzione del pendio è piccolo rispetto alla componente normale, di conseguenza l'effetto netto è quello di incrementare la stabilità, mentre su versanti molto ripidi prevale la componente tangenziale con una conseguente riduzione di stabilità. In termini molto generali si può dire che, facendo riferimento per semplicità ad uno scivolamento traslativo con superficie di rottura parallela al pendio, il sovraccarico ha un effetto stabilizzante quando l'angolo di inclinazione del pendio è inferiore all'angolo di resistenza al taglio del terreno (Greenway, 1987).

L'effetto della vegetazione nei confronti delle forze di taglio dipende anche, a parità di geometria del versante, dalla posizione in cui le piante si trovano: vegetazione arborea presente sulla sommità di un versante a forte inclinazione ha un effetto destabilizzante, mentre ha l'effetto contrario se è posta alla base dello stesso. In quest'ultimo caso essa svolge infatti una azione di appesantimento al piede, una azione di contrasto al movimento tramite l'apparato radicale ed inoltre favorisce la sedimentazione ed il conseguente sviluppo di una superficie alla base del versante che ha effetti stabilizzanti.

**Trasmissione di sollecitazioni dovute al vento:** questo effetto deve essere computato solo nel caso di vegetazione arborea, che intercettando con la chioma le sollecitazioni del vento, le trasmette al terreno, causando un aumento delle forze di taglio che può portare a meccanismi di rottura del pendio o a ribaltamento della singola pianta. Nel caso di sradicamento della pianta, la rotazione avviene intorno all'apparato radicale, e la fuoriuscita del pane costituito dal miscuglio di radici e terra può determinare una instabilità complessiva del versante.

Hsi & Nath (1970), attraverso una simulazione degli effetti del vento su di un versante coperto da bosco, hanno concluso che la tensione di taglio generata dal vento può essere espressa in funzione di un coefficiente di trascinarsi (*drag coefficient*), della densità dell'aria e della velocità del vento. Il coefficiente di resistenza risulta massimo ai margini del bosco, dove un vento di circa 90 km/ora può produrre una tensione dell'ordine di 1 kPa.

Se le tensioni generate dal vento agissero simultaneamente su una vasta porzione di copertura arborea posta su di un pendio, ciò potrebbe avere significativi effetti destabilizzanti (Greenway, 1987). In realtà tale situazione si verifica raramente, soprattutto nel caso di sponde fluviali, dove l'effetto del vento può essere piuttosto risentito dalle singole piante tendendo talora a favorirne lo sradicamento, specie nel caso di alberi con apparati radicali deboli e superficiali. Tuttavia poco ancora è noto sull'effetto leva prodotto dall'azione del vento sul singolo albero, nonostante alcuni studi teorici condotti su tale aspetto (Brown & Sheu, 1975).

**Ancoraggio** (*anchoring*), **sostegno** (*buttressing*) ed **effetto arco** (*arching*) (Gray, 1978; Greenway, 1987): gli alberi agiscono a favore della stabilità del pendio attraverso la formazione di blocchi distanziati di terreno rinforzato ed ancorato in profondità, cui si appoggia, direttamente o per effetto arco, il terreno retrostante. Gray (1978) in particolare ha rappresentato graficamente la spaziatura critica (minima) teorica tra i singoli alberi richiesta affinché si abbia l'effetto arco su un pendio di una certa inclinazione e per determinate caratteristiche geotecniche del terreno.

**Aumento della resistenza al taglio del terreno:** uno degli effetti principali della presenza di vegetazione su un versante è quello di produrre un miglioramento delle caratteristiche geotecniche del terreno attraverso l'azione delle radici. Le radici delle piante presentano in genere una elevata resistenza a trazione, pertanto la combinazione terreno-radici produce un sensibile rinforzo del terreno stesso paragonabile come effetti a ciò che viene ottenuto attraverso l'impiego di geotessili nella realizzazione di terre rinforzate. Le radici sono efficaci sia nell'aumentare la resistenza a rottura, sia nel distribuire, mediante la loro elasticità, le tensioni nel terreno, in modo da evitare stress locali e fessure.

Gli effetti di un sistema di radici sulla resistenza del terreno sono stati oggetto di numerosi studi.

Vari autori riportano come la presenza di una copertura di varie specie arboree produca un incremento di oltre il 100% di resistenza al taglio del terreno (Waldron, 1977; Gray, 1978).

Analogamente Endo & Tsuruta (1969) riportano i risultati ricavati

da prove di taglio condotte su campioni contenenti radici osservando forti incrementi percentuali di resistenza al taglio per bassi valori di tensione normale (Giasi, 1994).

Altri studi condotti su versanti ricoperti da vegetazione (O'Loughlin, 1974) indicano come siano le radici più fini (1-20 mm di diametro) che contribuiscono maggiormente al rinforzo del terreno, mentre le radici di dimensioni superiori non sembrano avere un ruolo significativo.

La presenza di radici aumenta la resistenza al taglio del terreno essenzialmente andando ad incrementare la coesione efficace e, indirettamente, il termine di resistenza legato alla suzione, per la capacità traspirativa dell'apparato radicale stesso. Nel caso di terreno non coesivo, quando sono raggiunte condizioni di completa saturazione, l'unico contributo in termini di coesione è legato proprio alla presenza di radici.

Un semplice modello teorico per stimare l'incremento di resistenza al taglio dovuto alla presenza di radici è stato sviluppato originariamente da Wu (1976) e riportato anche in Wu et al. (1979) e Greenway (1987). Tale modello esprime l'aumento di resistenza al taglio in termini di rinforzo, in funzione della resistenza a trazione media delle radici e della percentuale di terreno occupata dalle radici stesse.

In questo modo l'incremento di resistenza al taglio del terreno dipende interamente dai valori di resistenza a trazione media delle radici, riportati in letteratura, e dalla superficie occupata dalle stesse, di più difficile valutazione.

Utilizzando il modello sviluppato originariamente da Wu (1976), è possibile quindi incorporare l'incremento di resistenza a taglio dovuto alla presenza di radici S all'interno del criterio di rottura di Mohr-Coulomb o di quello più generale per terreni parzialmente saturi di Fredlund et al. (1978).

Le profondità fino a cui il terreno risente dell'effetto di rinforzo dell'apparato radicale variano entro limiti abbastanza ampi in funzione essenzialmente del tipo di pianta. Nel caso di erba l'azione di rinforzo è limitata ai primi centimetri; nel caso di vegetazione arbustiva lo spessore si estende in genere a qualche decimetro fino al massimo ad una profondità di circa 1.5 m. Gli alberi producono invece effetti fino a strati più profondi e possono migliorare la resistenza del terreno fino ad una profondità di 3 m o più, in funzione della morfologia dell'apparato radicale della specie.

L'efficacia del rinforzo del terreno dovuto all'apparato radicale rispetto agli eventuali effetti destabilizzanti dovuti al sovraccarico di alberi posti sulla sommità del versante dipende fortemente dalla profondità raggiunta dalle radici rispetto all'altezza totale del pendio ed alla profondità della potenziale superficie di scivolamento.

### 3.3. Il reticolo di drenaggio

Il reticolo di drenaggio sui terreni collinari regionali è costituito in genere da drenaggi (o fognature) sotterranei e da una parte di fossi a cielo aperto che funzionano da ricettori finali.

I fossi in un campo hanno il compito di trasportare l'acqua sovrabbondante durante o/e dopo le piogge per evitare inondazioni o eventi d'erosione puntuali. Per le sistemazioni dei fossi nei terreni agricoli, la prima regola è quella di localizzare da dove viene l'acqua piovana. Molto utili sono al proposito le carte topografiche sulle quali sono indicate le linee d'altitudine, i fossi naturali, i bacini etc.

Se sono spariti dei fossi permanenti, sarebbe opportuno ritrovarne le tracce e ricostruirli nello stesso posto, lasciando crescere se è possibile le piante arboree ed arbustive naturali, con intervento limitato. Così aumenta l'habitat per gli animali

Se c'è un terreno o una strada situata al di sopra del terreno agricolo, sarebbe da evitare che l'acqua scorresse sopra il terreno in oggetto mediante la progettazione e realizzazione di un fosso di guardia dotato di appositi sgrondi.

Durante lo scorrimento dell'acqua sul suolo, se non ci sono ostacoli, la velocità aumenta a causa dell'aumento della quantità d'acqua e della accelerazione di gravità. Per diminuire la velocità, cioè la forza dell'acqua sul suolo che causa l'erosione, c'è bisogno di creare ostacoli come ad es. fossi orizzontali o terrazzamenti (tipo broad-base). Quando un appezzamento agricolo è molto lungo (più di 200 metri senza interruzione), dall'alto verso la valle si dovrebbe realizzare almeno un fosso orizzontale per raccogliere l'acqua ruscellante e diminuirne la velocità (consigliato ogni 30-100 metri un fosso preferibilmente permanente). La diminuzione della velocità dell'acqua porta un aumento dell'infiltrazione dell'acqua che ne fa aumentare la quantità nella falda, il che evita l'inacidimento del terreno o del bacino. L'aumento dell'acqua nella falda acquifera può essere realizzato in miglior maniera attraverso dei drenaggi e con l'aumento della copertura vegetale.

Per il rivestimento del letto dei fossi esistono diverse tecniche: inerbimenti, stangame, ramaglia viva, sassi o altri inerti. I rivestimenti con materiali vivi hanno il vantaggio di effettuare due azioni contemporaneamente: consentono il deflusso delle acque meteoriche e nello stesso tempo producono l'aumento dell'infiltrazione, causato dall'incremento della resistenza allo scorrimento prodotto dal materiale usato. Ultimamente, nella sistemazione dei corsi d'acqua, si cerca di aumentare l'uso dei materiali vivi, quali il cotico erboso, le fascine vive, la ramaglia viva (Di Fidio 1995).

Il drenaggio sotterraneo nell'ambito collinare è di grande importanza soprattutto laddove la successione degli orizzonti del suolo e/o le caratteristiche del sottosuolo fanno variare in modo significativo la velocità di infiltrazione nel profilo (orizzonte permeabile sopra un orizzonte semi-impermeabile quale ad es. terreno argilloso). Il drenaggio in profondità ha soprattutto importanza per la regimazione delle acque profonde e per l'allontanamento delle acque meteoriche.

I vantaggi dell'uso di un sistema di drenaggio sono molteplici (C. Zanchi 1989) :

- diminuisce il ruscellamento;
- diminuisce l'erosione;
- previene movimenti franosi;
- diminuisce l'effetto crosta sul suolo;
- aumenta la conduzione idraulica;
- aumenta la penetrazione delle radici nel suolo;
- aumenta la massa radicale delle piante;
- incrementa i raccolti.

Un lato meno positivo del drenaggio sotterraneo è che i suoi costi, specialmente in ambiti collinari, possono essere maggiori dei benefici; per la salvaguardia del suolo questi sistemi sono comunque consigliabili, per non dire indispensabili.

Esempi tipici di drenaggio si trovano nelle colture arboree tradizionali. Per la regimazione profonda delle acque venivano fatti fossi per traverso; questi fossi venivano scavati fino a raggiungere il sottosuolo ben al di sotto della prevista profondità dell'apparato radicale della pianta arborea, oppure fino a raggiungere lo strato del profilo meno permeabile o addirittura impermeabile. I fossi, poi, venivano parzialmente riempiti con materiale reperibile in loco, come ad es. pietrame, fascine, canne, e successivamente coperti con un strato di terra, infine sul tracciato del fosso venivano messe a dimora le piante arboree. Normalmente venivano

realizzati 1.200 metri lineari di fognatura per ettaro.

Una sistemazione ottimale prevede le seguenti premesse indispensabili alla "bonifica collinare" e cioè:

- a) la stabilità fisica del suolo;
- b) lo smaltimento delle acque sotterranee eccedenti la capacità idrica del suolo;
- c) la conservazione dell'affossatura superficiale;
- d) l'impossibilità assoluta della lavorazione a rittochino, che costituisce la causa della degradazione di buona parte dell'Appennino (Oliva, A. 1958).

Altri metodi di drenaggio utilizzati nell'ingegneria naturalistica consistono in fascine vive e morte sia per drenaggio lungo il pendio sia per rotture di pendenza (Schiechtl & Stern 1992).

Il drenaggio deve essere progettato con cautela, in modo che non possa originare danni da infiltrazione idrica come frane o scoscendimenti, soprattutto nelle zone con terreni incoerenti (non coesivi) o pseudocoerenti dove si verificano spesso frane (Perulli, 1988). In queste zone oltre ai drenaggi ci vorrebbero costruzioni e opere di consolidamento e stabilizzazione come piantagioni, terrazzamenti, drenaggio con fascine vive eccetera.

## 4. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

### 4.1. Quadro normativo regionale

Il principale atto specifico in materia a cui far riferimento nelle Marche è rappresentato dalla Circolare n. 1 del 23/01/1997 "Criteri ed indirizzi per l'attuazione di interventi in ambito fluviale nel territorio della Regione Marche". In esso si raccomanda "...ogni volta possibile, l'utilizzo di tecniche di ingegneria naturalistica" e si riportano le tipologie di intervento. Purtroppo quindi tale documento diviene in pratica un atto di indirizzo privo di valenza rigorosamente prescrittiva, e la scelta sulle tecniche rimane perciò discrezionale e non univocamente giustificabile; giacché non vi è l'obbligo di applicazione dell'ingegneria naturalistica laddove questa sia tecnicamente praticabile.

Nel testo della circolare, al punto 11, è importante il rilievo che assumono le prescrizioni fornite sull'approccio progettuale da seguire in campo di progettazione idraulica, con l'obbligo di prevedere "...una dettagliata analisi geologica, geomorfologica, idrologica, idraulica, vegetazionale e faunistica riferita ad un ambito territoriale adeguatamente esteso", con l'indicazione di prestare "...particolare attenzione al recupero ambientale cercando di ricostituire gli elementi naturali che caratterizzano, o caratterizzavano, l'ecosistema fluviale nel tratto interessato dall'intervento" e infine con l'indicazione al soggetto realizzatore degli interventi di "...avvalersi del supporto di tecnici qualificati (geologo, biologo, agronomo, ecc.) che seguono la realizzazione delle opere".

D'altra parte, è importante evidenziare il fatto che tale deliberazione deriva da una tendenza culturale diffusasi negli ultimi anni tra i tecnici addetti e negli enti pubblici, e che ha condotto in particolare alcune Regioni ad avviare dei passi in questa direzione, dapprima attraverso l'organizzazione di convegni e la produzione di manuali, poi tramite l'emissione di atti di indirizzo (fra queste: Emilia Romagna e Veneto, poi Piemonte, Liguria, Friuli Venezia Giulia e Lombardia, infine Marche, Toscana e Lazio).

### 4.2. Quadro normativo nazionale

In questo ultimo decennio è stato ampiamente rivisto il quadro normativo sulla "difesa del suolo" e le acque in genere. In linea generale si è affermato un approccio legato alla pianificazione

unitaria di bacino idrografico e il legislatore ha posto particolare attenzione agli aspetti di riequilibrio e inserimento ambientale e di minimizzazione dell'impatto. La legge più significativa è la L.183/89, "Norme per la difesa del suolo", che ha lo "scopo di assicurare la difesa del suolo, il risanamento delle acque, la fruizione e la gestione del patrimonio idrico per gli usi di razionale sviluppo economico e sociale, la tutela degli aspetti ambientali ad essi connessi" (comma 1, art.1). È in seguito a questa legge che sono state definite le Autorità di bacino che predispongono il Piano di bacino che può essere considerato uno strumento orientatore, al di sopra di qualsiasi altro atto pianificatorio (es. PRG, PTC...) per garantire un uso e una gestione razionale delle risorse e l'integrità fisica dell'ambiente, i cui aspetti ecologici, paesistici e territoriali vengono affrontati in modo unitario ed integrato.

Alcune altre leggi nazionali hanno posto l'attenzione ai problemi di riqualificazione ambientale con particolare riferimento agli ambiti fluviali. La cosiddetta legge Cutrera, "Norme per la tutela ambientale delle aree demaniali dei fiumi, dei torrenti, dei laghi e delle acque pubbliche", L.37/94, permette di tutelare gli ecosistemi fluviali anche attraverso il recupero e la ridefinizione delle aree demaniali lungo i fiumi, favorendone la concessione alle Amministrazioni pubbliche che intendessero promuovere parchi, riserve o comunque progetti di salvaguardia ambientale. La L.37/94 (artt. 1, 2, 3, 4), infatti, modifica sostanzialmente alcuni articoli del codice civile (artt. 942, 945, 946 e 947), definendo appartenenti allo Stato i terreni abbandonati dalle acque correnti, laddove prima potevano essere acquisiti "per accensione" dai proprietari confinanti. Un'altra novità introdotta dalla L.37/94 (art.8), detta anche "legge Cutrera", è la modifica del disposto di cui all'art.6 del Regio Decreto Legge (R.D.L.) 18 giugno 1936 n°1338, in forza del quale la concessione dei terreni del demanio idrico veniva rilasciata di preferenza ai proprietari, agli enfiteuti o agli usufruttuari rivieraschi di corsi d'acqua pubblica (omissis) a scopo di piantagione di pioppi o di altre essenze arboree. Tali aree dovevano essere gestite dall'Amministrazione delle Finanze secondo criteri di economicità, ossia fornendo un reddito mediante il canone concessorio. Con la nuova normativa il diritto di prelazione per le concessioni diviene di comuni, di consorzi di comuni, di province, di regioni, comunità montane, nonché ai titolari di programmi di cui ai regolamenti CEE N°2078/92 e n°2080/92. Con la L.37/94 lo Stato identifica come prioritario l'obiettivo di salvaguardia e tutela della natura rispetto a quello produttivo (piantagione dei pioppi) definito dal Regio Decreto-Legge del 1936. Si tratta quindi di una legge che può favorire interventi di rinaturazione o riqualificazione ambientale anche tramite le tecniche d'ingegneria naturalistica. Anche il recente Decreto legislativo dell'11 maggio 1999, n. 152, "Disposizione sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della Direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della Direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole", pubblicato sul Supplemento Ordinario alla Gazzetta Ufficiale del 29 maggio 1999 si occupa di ambiti utili per l'applicazione delle tecniche d'ingegneria naturalistica. Il Decreto legislativo, infatti, specifica all'art.1 che "Il presente Decreto definisce la disciplina generale per la tutela delle acque superficiali, marine e sotterranee perseguendo i seguenti obiettivi: d) mantenere la capacità naturale di autodepurazione dei corpi idrici, nonché la capacità di sostenere comunità animali e vegetali ampie e ben diversificate"; all'art.3 (Competenze) "Le competenze disciplinate dal presente Decreto Legislativo 31 marzo 1998 n.112 e dagli altri provvedimenti statali e regionali

adottati ai sensi della legge 15 marzo 1997 n.59, fino all'attuazione delle disposizioni di cui al comma 1, comma 6, I consorzi di bonifica ed irrigazione, anche attraverso appositi accordi di programma con le competenti autorità, concorrono alla realizzazione di azioni di salvaguardia ambientale e di risanamento delle acque, anche al fine delle loro utilizzazione irrigua, della rinaturalizzazione dei corsi d'acqua e della fitodepurazione".

Il decreto legislativo all'art.41, "tutela delle aree di pertinenza dei corpi idrici", si specifica al comma 1: "Ferme restando le disposizioni di cui al capo VII del Regio Decreto 25 luglio 1904, n.523, al fine di assicurare il mantenimento o il ripristino della vegetazione spontanea nella fascia immediatamente adiacente ai corpi idrici, con funzioni di filtro per i solidi sospesi e gli inquinanti di origine diffusa, di stabilizzazione delle sponde e di conservazione della biodiversità da contemperarsi con le esigenze di funzionalità dell'alveo, entro un anno dall'entrata in vigore del presente Decreto, le regioni disciplinano gli interventi di trasformazione e gestione del suolo e soprassuolo previsti nella fascia di almeno 10 metri dalla sponda di fiumi, laghi, stagni e lagune comunque vietando la copertura dei corsi d'acqua, che non sia imposta da ragioni di tutela della pubblica incolumità e la realizzazione di impianti di smaltimenti dei rifiuti"

In questo contesto, è opportuno inoltre far riferimento all' "Atto di indirizzo e coordinamento alle regioni recante criteri e modalità per la redazione dei programmi di manutenzione idraulica forestale", promosso dal Ministero dell'Ambiente (DPR 14 aprile 1993). Nel testo dell'atto si sottolinea la particolare attenzione che deve essere posta alla conservazione dei consorzi vegetali e alla rinaturazione delle sponde e degli alvei, e si raccomanda, ove possibile, la sostituzione di opere impattanti con "tecnologie di ingegneria ambientale". Si tenga presente che, nell'ambito di tale Atto di indirizzo, si riporta fra le "tipologie di interventi manutentori da effettuarsi", la "...sostituzione di elementi di gabbionata metallica deteriorata o instabile od altra difesa artificiale deteriorata o in frana, utilizzando tecnologie di ingegneria ambientale". Ne deriva che, secondo tale atto, queste opere - peraltro definite, sia da alcune normative che da operatori del settore, fra quelle di ingegneria naturalistica, purché rinverdite - non dovrebbero essere comprese fra le tecniche di ingegneria ambientale. In effetti, anche malgrado l'eventuale rinverdimento, il principio di costruzione e di funzionamento di tali manufatti non rientra nell'ambito dei principi su cui si basano le tecniche di ingegneria naturalistica. Ci si è soffermati su tale considerazione a fronte dell'ampia utilizzazione di queste opere nelle sistemazioni idrauliche, del loro costo non indifferente e della loro facile progettazione e applicazione, aspetti questi ultimi che potrebbe indurre a evitare in modo semplicistico la scelta di tecniche vegetali, più economiche, ma anche progettualmente più impegnative e meno interessanti sul piano commerciale.

Per la realizzazione delle opere di ingegneria naturalistica il recente DPR 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") definisce le nuove categorie di lavori per i quali può essere richiesta la qualifica delle ditte esecutrici. Ci si limita a elencare le seguenti categorie che possono riguardare gli interventi di ingegneria naturalistica e riqualificazione fluviale e territoriale-ambientale in genere:

#### CATEGORIE DI OPERE GENERALI

- og 2: restauro e manutenzione dei beni immobili sottoposti a tutela ai sensi delle disposizioni in materia di beni culturali e

- ambientali
- og 8: opere fluviali, di difesa, di sistemazione idraulica e di bonifica
- og 13: opere di ingegneria naturalistica

#### CATEGORIE DI OPERE SPECIALIZZATE

- os 1: lavori in terra
- os 24: verde e arredo urbano

La mancanza di criteri selettivi validi a livello nazionale produrrebbe effetti negativi dal punto di vista della corretta esecuzione dei cantieri e delle opere in quanto consentirebbe anche a imprese operanti nell'edilizia o nel movimento terra, purché semplicemente iscritte all'Albo costruttori, di partecipare a gare e appalti concernenti la realizzazione di interventi idraulici. Può così capitare quindi che opere di ingegneria naturalistica o sistemazioni spondali prevalentemente forestali (tecniche vegetali, tagli, sfalci, pulizie di alveo) vengano eseguite da maestranze non qualificate, prive delle conoscenze adeguate.

L'affidamento di questi tipi di lavori a ditte specializzate è molto importante agli effetti della riuscita degli interventi, poiché questa dipende notevolmente dalle modalità di esecuzione, di trattamento dei materiali e dalla loro qualità, aspetti che richiedono una specifica competenza ed esperienza specialmente nei settori dei lavori a verde e di carattere agro-forestale. Per contro, la maggior parte delle gare d'appalto per lavori di sistemazione del suolo, dei corsi d'acqua in particolare, si rivolge a ditte che operano genericamente il lavori di ingegneria civile, ditte ben collegate al mercato che dispongono di grossi capitali e referenze, col risultato di tagliare fuori, in molti casi, gli operatori emergenti nei nuovi suddetti settori, relegandole agli appalti di piccola entità o ai subappalti. E' necessario quindi, innanzitutto, un impegno da parte dei responsabili del procedimento affinché i bandi di gara siano opportunamente indirizzati alle imprese di adeguata competenza.

È importante sottolineare il fatto che anche alcune recenti normative nazionali richiamano esplicitamente al termine di ingegneria naturalistica o ai concetti a essa più strettamente connessi. In particolare, la L. 109/94 (detta Merloni ter – Legge quadro in materia di lavori pubblici) introduce testualmente l'ingegneria naturalistica fra le attività definite come lavori pubblici (Art. 2, comma 1).

Il Regolamento di attuazione della stessa legge (DPR 21 dicembre 1999, n. 554), recentemente pubblicato (GU 28.5.00 n. 98), nello spirito della ricerca di soluzioni a minimo impatto ambientale, richiede poi (Artt. 21 e 29) la redazione di studi di prefattibilità e di fattibilità ambientale, ovvero di valutazione d'impatto ambientale ove previsto. Il principio della migliore soluzione sul piano ambientale è richiamato già nelle disposizioni generali per la progettazione (Art. 15), ove si richiamano, in più parti, gli obiettivi fondamentali per minimizzare gli effetti negativi sull'ambiente, sul paesaggio e sul patrimonio storico-artistico ed archeologico. Nel Paragrafo sulla progettazione si riporteranno nel dettaglio gli specifici riferimenti del Regolamento in materia ambientale e, più specificatamente, di ingegneria naturalistica.

Occorre però sottolineare anche un fattore in qualche modo contraddittorio, nel contesto giuridico specifico. Il Testo Unico sulle Opere Idrauliche (Regio Decreto n. 523 del 15 luglio 1904) vieta esplicitamente "le piantagioni che si inoltrino dentro gli alvei dei fiumi, torrenti, rivi e canali, a costringere la sezione normale e necessaria al libero deflusso delle acque" e "le piantagioni di qualunque sorta di alberi ed arbusti sul piano e sulle scarpe degli argini e loro banche e sottobanche, lungo i fiumi, torrenti e canali

navigabili". Nella realizzazione delle opere di ingegneria naturalistica in ambito fluviale di fatto si introduce vegetazione arborea e arbustiva, sebbene lo sviluppo di questa avvenga dopo qualche mese dai lavori. Peraltro, le modalità con cui si inserisce e si sviluppa tale vegetazione e le caratteristiche delle specie vegetali utilizzate fanno sì che tale impianto vegetale possa essere inteso in termini di "opera idraulica" piuttosto che in termini di semplice "piantagione", in relazione alla sua omogeneità, densità, continuità e tipologia costruttiva. Comunque, a rigore, la questione rimane non ben definita, quindi soggetta a eventuali diversità di interpretazione, anche in sede autorizzativa.

Gli interventi effettuati con tecniche di ingegneria naturalistica, come del resto qualsiasi altro tipo di intervento, devono poi fare riferimento comunque a tutte quelle normative che trattano delle problematiche interessate e dell'esecuzione di opere sul territorio. Le categorie principali di tali normative sono: difesa del suolo, impatto ambientale, risorse idriche, lavori pubblici, pubblica amministrazione, urbanistica, edilizia, regolamenti tecnici sui materiali e sulle resistenze meccaniche, regolamenti sulle professioni, sicurezza. Occorre quindi che l'intervento soddisfi quanto previsto e che ottenga tutti i permessi e nulla osta necessari, seguendo un iter più o meno complesso e articolato a seconda degli aspetti e dei problemi che lo caratterizzano nonché dell'ambito territoriale, che può essere soggetto a vincoli o a competenze specifici.

La Legge Quadro sui lavori pubblici, oltre a indicare gli elaborati che devono comporre le diverse fasi di qualsivoglia progettazione (preliminare, definitiva, esecutiva), introduce infine un'altra prescrizione di rilievo: la redazione del "piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti" (Art. 16, comma 5), che deve essere redatto secondo quanto previsto dal Regolamento collegato (si veda l'Art. 40). E' ovvio come tale strumento sia importante in particolare per gli interventi che presentano un'evoluzione considerevole nel tempo, quali quelli di ingegneria naturalistica.

Si ricorda, in conclusione, l'obbligo di accompagnare i progetti di opere pubbliche dei comuni con "una relazione che attesti la conformità del progetto alle prescrizioni urbanistiche ed edilizie, nonché l'esistenza di nulla osta di conformità alle norme di sicurezza, sanitarie, ambientali, paesistiche" (Art. 4 comma 60, punto 16, DL 31/12/96 n. 662 "Misure di razionalizzazione della finanza pubblica", convertito in legge 29/2/97 n. 30). E' chiaro come tale conformità sia, in generale, più importante per progetti che presentano forti implicazioni col territorio e con i suoi usi, quali le opere di riqualificazione idraulico-ambientali.

## 5. STRUTTURA E CARATTERI DELLA PROGETTAZIONE

La Legge Quadro sui lavori pubblici, oltre a indicare gli elaborati che devono comporre le diverse fasi di qualsivoglia progettazione (preliminare, definitiva, esecutiva), introduce infine un'altra prescrizione di rilievo: la redazione del "piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti" (Art. 16, comma 5), che deve essere redatto secondo quanto previsto dal Regolamento collegato (si veda l'Art. 40). E' ovvio come tale strumento sia importante in particolare per gli interventi che presentano un'evoluzione considerevole nel tempo, quali quelli di ingegneria naturalistica.

Si ricorda, in conclusione, l'obbligo di accompagnare i progetti di opere pubbliche dei comuni con "una relazione che attesti la conformità del progetto alle prescrizioni urbanistiche ed edilizie, non-

ché l'esistenza dei nulla osta di conformità alle norme di sicurezza, sanitarie, ambientali, paesistiche" (Art. 4 comma 60, punto 16 DL 31/12/96 n. 662 "Misure di razionalizzazione della finanza pubblica", convertito in legge 29/2/97 n. 30). E' chiaro come tale conformità sia, in generale, più importante per progetti che presentano forti implicazioni col territorio e con i suoi usi, quali le opere di riqualificazione idraulico-ambientali.

## 5.1 Le fasi pre-progettuali

### 5.1.1. Inquadramento del problema e delle soluzioni

Se il sito di intervento è definito con precisione, l'area di progetto corrisponde a quella occupabile dall'opera e dalle connesse operazioni necessarie per la sua realizzazione. Infatti occorre tenere presenti le aree interessate dalle attività di cantiere, di prelievo, lavorazione e movimentazione del verde e dei materiali, di eventuale riporto o reperimento di terreno. A priori però l'area di progetto non è detta sia già ben identificata nella fase iniziale, in sede di definizione delle soluzioni si potranno infatti avere magari più aree da indagare, mentre le modalità e le esigenze di esecuzione potranno essere definite solo a progetto esecutivo concluso e riviste anche in sede di realizzazione. Quest'ultimo aspetto può essere trattato dal Piano di coordinamento dei lavori, previsto dalla normativa in materia di sicurezza, ove la tipologia di questi lo richiama.

L'area di indagine, invece, normalmente, è diversa da quella di progetto, poiché i fattori da analizzare per il supporto alla progettazione presentano un raggio di influenza maggiore.

Per i progetti di opere idrauliche in alveo o che comunque possono essere influenzate da variabili di natura idraulica, occorre rapportare l'opera al bacino idrografico di competenza, del quale si dovrà stimare in particolare il contributo delle portate idriche di piena presso la sezione idraulica interessata.

L'inquadramento nel contesto di bacino, così come quello rispetto ai confini amministrativi del territorio, servirà anche per la verifica delle interazioni con gli strumenti di pianificazione e la gestione delle procedure autorizzative (piani, normative, competenze, vincoli). La segnalazione del sito (o dei siti) interessato dall'intervento dovrà essere prodotta su una cartografia a grande scala (corografia, normalmente 1: 50000 o 1: 25000) e a scala di maggior dettaglio (normalmente 1: 10000 o 1: 5000).

I progetti di ingegneria naturalistica sono caratterizzati da un forte rapporto con il territorio, sia perché quest'ultimo influisce sulle opere sia, viceversa, in quanto le opere condizionano l'assetto del territorio.

Occorre pertanto analizzare tutti i fattori che possono interagire con gli interventi, calandosi nel contesto ambientale, ma anche sociale, nel raggio di influenza corrispondente a ciascuno di tali fattori. Alcuni di essi, infatti, vanno valutati per un intero bacino idrografico (p.e. l'idrologia), altri per zone più ristrette (p.e. gli aspetti geotecnici), altri ancora richiedono tanto una trattazione a larga scala quanto una a raggio ridotto (p.e. gli aspetti vegetazionali, bioclimatici, naturalistici). Ciascun raggio di influenza dipende dalle caratteristiche sia del territorio sia dell'intervento, in modo indipendente l'uno dall'altro: per esempio certe tipologie di opere di modeste dimensioni (quali le difese longitudinali di sponda) possono determinare un'influenza sull'ecosistema limitata nello spazio, mentre la loro influenza sui livelli idrici può essere significativa. In un caso del genere sarà pertanto necessario conoscere l'idrologia dell'intero bacino, ma potrà essere sufficiente valutare indicatori biologici locali.

### 5.1.2. Obiettivi, opportunità e principi dell'intervento

Principio fondamentale per l'ottenimento di un ottimale assetto idraulico-ambientale è quello di intervenire con opere di difesa idraulica solo se veramente necessario. La necessità è determinata dall'esistenza di un fenomeno (dissesto) che provoca un danno inaccettabile, laddove l'inaccettabilità è definita dalla convenienza. Nella valutazione di quest'ultima devono entrare fattori economici (costo dell'opera e della sua gestione rispetto al costo dei beni da difendere) e politici (ambiente, paesaggio, fruizione, ecc.).

Nella logica di minimizzazione dell'impatto ambientale, se possibile si deve evitare di limitare la naturalità: fenomeni erosivi o franosivi fanno parte della dinamica naturale e quindi non vanno di per sé limitati; anzi, sono proprio gli elementi naturali di maggiore dinamismo a creare talvolta ecotopi di grande pregio, in quanto gli habitat particolari legati alle situazioni in rapida evoluzione (calanchi, paludi, sponde a falesia, rupi aggettanti, ravaneti, etc.) sono rarefatti a causa dell'intensa antropizzazione del nostro territorio e della loro dipendenza da elementi instabili e mutevoli. In questi casi, si deve tenere presente che anche le tecniche di ingegneria naturalistica rappresentano un irrigidimento delle dinamiche naturali, sia pur con minore impatto.

Sempre secondo lo stesso spirito, una volta stabilita l'esigenza di intervenire, il secondo principio da applicare consiste nel ridurre il problema sfruttando la capacità dello stesso sistema naturale. In pratica ciò significa lasciare il massimo spazio alle dinamiche naturali in modo da limitare le energie in gioco e ridurre la vulnerabilità della difesa. Nel caso dei corsi d'acqua, per esempio, si tenda a riconquistare o ampliare le aree di pertinenza fluviale, ove le piene si possono "sfogare" riducendo velocità e livelli; in sostanza, si pratica l'operazione opposta della bonifica e della regimazione, tradizionalmente adottate negli ultimi decenni.

Queste problematiche e gli approcci d'intervento che ne derivano saranno trattati in una fase pre-progettuale e dovranno quindi essere adeguatamente affrontati tramite un confronto con i pianificatori e i gestori del territorio; dovranno infatti far riferimento al "quadro programmatico", espresso dagli strumenti vigenti a diversi livelli (dal Piano di Bacino, al Piano Territoriale di Coordinamento provinciale, sino al Piano Strutturale su scala comunale). Da tale confronto devono emergere gli interessi collettivi alla messa in sicurezza del territorio, gli obiettivi della pianificazione e le risorse eventualmente disponibili per realizzare gli intenti programmatici. Il ruolo dei tecnici esperti in ingegneria naturalistica in questa fase consiste principalmente nel mettere in evidenza pregi e costi delle diverse ipotesi, contribuendo a una selezione degli obiettivi e supportando una valutazione di tipo "multicriterio" (vedi prossimo paragrafo) delle alternative di azione, compresa quella di non fare nulla ("alternativa 0").

Se non si può agire secondo il principio precedentemente illustrato, può entrare allora in gioco l'ingegneria naturalistica quale tecnica appropriata per risolvere o ridurre i problemi di dissesto del suolo o di riqualificazione ambientale. Ci troviamo già quindi ad accettare un certo grado di "denaturalizzazione"; d'altro canto solo in alcuni casi la difesa del suolo con tecniche di ingegneria naturalistica persegue, al tempo stesso, un efficace livello di naturalità. Purtroppo invece, oggi molti intendono l'applicazione di queste tecniche come occasione per rinaturalizzare gli ecosistemi. Si deve essere coscienti del fatto che ciò è possibile solo in alcuni casi specifici, in relazione a progetti mirati a tale scopo, mentre, nel caso della difesa del suolo, devono essere intese come tecniche a minor impatto ambientale rispetto a quelle convenzionali.

### 5.1.3. L'analisi multicriterio per la valutazione delle alternative di intervento

Il Regolamento della Legge Quadro sui Lavori Pubblici richiama principi di valutazione delle “problematiche di ordine ambientale” già in sede di programmazione degli interventi (Art. 13), e in sede progettuale (Capo II: La progettazione, Art. 15: disposizioni preliminari) prescrive in particolare che (comma 12 dell'Art. 15): “Qualora siano possibili più soluzioni progettuali, la scelta deve avvenire mediante l'impiego di una metodologia di valutazione qualitativa e quantitativa, multicriteri o multiobiettivi, tale da permettere di dedurre una graduatoria di priorità tra le soluzioni progettuali possibili”.

Chi opera da anni tendendo ad applicare metodi razionali e olistici nella progettazione di nuove attività e interventi sul territorio, accoglie con grande soddisfazione questo primo importante riscontro formale, al quale dovrà adesso seguire una evoluzione nella gestione tecnica e amministrativa, ma soprattutto nell'interpretazione culturale.

Tale modo di operare risulta particolarmente aderente nell'ambito dell'approccio idraulico-ambientale, che di fatto è basato sul perseguimento del miglior compromesso possibile tra esigenze antropiche e dinamiche naturali. In effetti se la procedura definita nel testo fosse applicata adeguatamente, si tenderebbe a indirizzare le scelte progettuali, in termini sia di tecniche sia di localizzazioni, verso l'impiego di soluzioni a basso impatto ambientale (si pensi per esempio al caso delle casse di espansione o alla determinazione di tratti fluviali da assoggettarsi a difese spondali).

### 5.1.4. Verifica dell'applicabilità dell'ingegneria naturalistica e individuazione delle possibili soluzioni

Va detto, innanzitutto, che le tecniche dell'ingegneria naturalistica non sono applicabili sempre e dovunque: esse presentano invece dei limiti di applicabilità, e l'esatta conoscenza di questi è precondizione per una corretta progettazione.

I limiti di applicazione sono evidenti, in particolare, nei casi di elevata antropizzazione. Per esempio, quando i corsi d'acqua presentano ingenti edificazioni lungo le fasce ripariali, normalmente non c'è lo spazio per ospitare opere che comportino la riduzione delle velocità della corrente idrica o della sezione idraulica (le scarpate sistemate con tecniche di ingegneria naturalistica possono risultare infatti meno ripide e, nel medio periodo, più rugose, con un ingombro da parte della vegetazione).

Vi sono poi i limiti intrinseci dal punto di vista tecnico: nel caso di consolidamento di corpi franosi profondi, per esempio, le tecniche di ingegneria naturalistica risultano insufficienti in quanto lo strato di suolo consolidato o protetto è limitato a quello colonizzabile in futuro dagli apparati radicali.

Per comprendere la potenzialità applicativa delle tecniche di ingegneria naturalistica o la necessità di prevedere soluzioni integrate, occorre quindi premettere agli studi progettuali alcune verifiche preliminari, prevalentemente di natura idraulica e geotecnica.

Sulla base dei risultati della prima fase di analisi del problema, degli obiettivi e del territorio, si potranno definire, sulla base di valutazioni di massima e dell'esperienza dei progettisti, le tipologie di intervento che si ritengono adeguate, ovvero la classe di tecniche applicabili per ciascuna sub-area di intervento, e procedere nell'impostazione degli studi e dei progetti. Saranno poi queste successive valutazioni, anche quantitative, che verificheranno l'idoneità di tali ipotesi, e quindi potranno modificarle o affi-

narle, nonché definiranno più precisamente le tecniche.

## **5.2. Programmazione del lavoro**

### *Organizzazione delle fasi progettuali*

Le modalità organizzative di lavoro si devono programmare sulla base dei dati preliminari che individuano, in linea di massima, la tipologia di problema e di intervento. Spesso, invece, l'organizzazione e la struttura tecnica della progettazione tendono a essere predefiniti e standardizzati, e ciò non solo determina inefficienze, ma anche inadeguatezze sul piano tecnico.

In particolare, è importante pianificare le indagini, in quanto queste richiedono dei tempi da valutare attentamente, non solo per motivi amministrativi o in funzione di scadenze finanziarie, ma anche perché, specie per gli indicatori ambientali, la validità dei dati raccolti può dipendere dai periodi stagionali. Lo stesso problema riguarda l'esecuzione delle opere a verde, che deve essere effettuata in precise stagioni: in particolare, le parti vegetali che fungono da talee debbono essere poste in opera in periodo di stasi vegetativa, mentre gli inerbimenti devono essere realizzati in stagione vegetativa, in ben precise condizioni del terreno.

È chiaro come tali vincoli siano di fondamentale importanza e comportino una verifica preventiva della compatibilità rispetto alle esigenze progettuali e una impostazione efficiente delle attività e dell'iter di esecuzione.

Un altro aspetto organizzativo è quello della formazione del gruppo di lavoro. Essendo i progetti di ingegneria naturalistica a carattere multidisciplinare, ma tale composizione disciplinare non costante, si dovrà stabilire di volta in volta a seconda del tipo di progetto e delle caratteristiche geografiche, quali competenze si dovranno coinvolgere sia per le indagini sia per il supporto alla progettazione.

Occorre quindi pianificare le modalità di gestione delle varie fasi di lavoro da parte di ciascun membro del gruppo (ruoli, interazioni, verifiche) in relazione ai tempi di esecuzione del progetto ipotizzati.

*Accordi con la committenza e i soggetti coinvolti, sia per la raccolta dati, sia per la gestione delle fasi e delle procedure.*

È importante stabilire da subito i ruoli operativi della committenza rispetto a quelli dei progettisti, anche se, in linea generale, tali ruoli sono già definiti nella convenzione formale di incarico professionale stipulata tra le parti. In particolare si dovrà chiarire chi svolge o segue determinate procedure e quali documentazioni o materiali dovrà fornire la committenza.

Si tenga presente che, ai sensi della Legge Quadro sui Lavori Pubblici, il coordinamento delle procedure autorizzative e formali spetta al Responsabile del Procedimento, che normalmente è un rappresentante tecnico dell'ente appaltante; di tale lavoro può essere anche incaricato il progettista, che comunque svolge sempre un ruolo di compartecipazione.

*Verifica dei procedimenti da espletare per le procedure autorizzative (nulla osta, permessi, espropri, ecc.).*

Una verifica preliminare deve essere svolta prima di procedere alla progettazione, sia per valutare i tempi necessari per l'espletamento dell'iter, sia per conoscere quali aspetti devono essere opportunamente trattati (e in quali modi e quantità), sia per sapere quante copie degli elaborati devono essere prodotte e a chi dovranno essere inviate, in relazione a quanto normalmente richiesto da ciascun soggetto autorizzatore. Quando saranno

stati definiti tipologie ed estensione degli interventi si definiranno le competenze amministrative interessate e le relative modalità per l'ottenimento delle autorizzazioni.

Gli interventi di ingegneria naturalistica presentano un marcato rapporto con il territorio, quindi, in molti casi, implicano, anche in fase progettuale, la realizzazione di attività sul campo e coinvolgono diverse problematiche a livello tecnico ma anche appunto territoriale.

In particolare per le opere di ingegneria naturalistica, a seconda del caso, ovvero dell'ambito di intervento e della sua tipologia, si dovranno dimostrare opportune verifiche sulla compatibilità rispetto in generale ai vincoli territoriali, agli strumenti urbanistici, alla sicurezza e alle condizioni idrauliche richieste od opportune, alla stabilità geotecnica, alle resistenze meccaniche, alla rimovibilità, inserimento o reperibilità della vegetazione, ecc.

In alcuni casi potrebbe essere opportuno, organizzare incontri preventivi con gli enti interessati, al fine di individuare un primo screening delle possibili alternative, oltre che per conoscere se l'intervento necessita o meno di una determinata autorizzazione.

Un altro aspetto, da esaminare in via preventiva alla fase progettuale, riguarda l'esigenza di permessi per accedere ai luoghi di intervento, ovvero a terreni di proprietà privata, per effettuare sopralluoghi e indagini (ambientali, topografici, geologico-tecnici, ecc.). In alcuni casi occorre richiedere all'ente la produzione di uno specifico permesso, previo accordo o informativa con i proprietari dei terreni interessati. Modalità simili si dovranno adottare in sede di esecuzione dei lavori, in relazione alle aree interessabili dal cantiere e dagli spostamenti e transiti di automezzi; si dovrà, inoltre, prevedere eventuali forme di indennizzo per danni subiti, che verranno valutati opportunamente al termine dei lavori.

### 5.3. Analisi e studi di supporto alla progettazione

La raccolta della documentazione e il rilievo sul campo corrispondono alla fase analitica della progettazione preliminare, ossia alla fase di rilievo e di trasposizione dei dati acquisiti su elaborati grafici e cartografici; di seguito si fornisce un elenco di massima degli elaborati che sarebbe necessario produrre, pur premettendo che, proprio per il ruolo che svolge la progettazione preliminare, alcuni di questi elaborati possono anche essere superflui o non immediatamente necessari.

#### 5.3.1. Raccolta documentazione

##### CARTOGRAFIA A GRANDE E PICCOLA SCALA

A seconda dell'estensione dell'intervento e dell'area che viene progettualmente investita, può essere opportuno utilizzare una carta IGM scala 1:25.000 (corografia generale, individuazione di un bacino idrografico), e/o una carta CTR 1:5.000 o 1:10.000 (corografia di dettaglio, analisi di un tratto fluviale), e/o una carta topografica comunale scala 1:2.000 (misurazione e quantificazione dell'intervento). Tali cartografie sono generalmente disponibili su supporto magnetico, il che consente di acquisirle per elaborazioni grafiche in sistemi di disegno al computer compatibili con gli standard maggiormente usati in topografia e in progettazione (in particolare AUTOCAD). Sulle carte topografiche è possibile individuare alcuni dei servizi a rete (quali gli elettrodotti Enel), mentre per le servitù e i vincoli connessi a servizi interrati (metano, acquedotti) occorre reperire informazioni dagli enti preposti o tramite rilevazione delle cartellinature di segnalazione.

##### STRUMENTI URBANISTICI E DI PIANIFICAZIONE

Le cartografie dei PRG (in genere a scala 1:2.000), dei PTC (in genere a scala 1:10.000) o dei Piani di Bacino possono servire per la definizione degli interventi di progetto e per l'orientamento alle soluzioni più adeguate. In prima istanza, queste cartografie ci informano sui vincoli territoriali futuri, sulle aree di futura urbanizzazione che necessitano di salvaguardia dai rischi e dal dissesto, sulle aree di pertinenza fluviale o destinate a opere di difesa idraulica o di espansione fluviale. Dove le prescrizioni di piano prevedono la destinazione a parco, a verde di rispetto o naturalistico, ad uso agricolo, allora non è opportuno artificializzare il contesto territoriale, e non vi sono normalmente motivazioni per ridurre o contrastare gli aspetti di naturalità legati alle dinamiche fluviali o ai movimenti del terreno.

Gli strumenti urbanistici sono un atto politico di una amministrazione, sicuramente controvertibile e sottoponibile a giudizi tecnici contrastanti, ma per il tecnico progettista hanno il rilievo di una norma cogente, da assumere come fattore condizionante il progetto. Ciò non esclude la possibilità per il progettista, pur nel pieno rispetto delle norme di correttezza professionale verso il committente, di segnalare gli elementi di pericolo o di erronea programmazione territoriale a suo giudizio presenti negli strumenti urbanistici e riguardanti le aree di intervento disciplinate dal suo incarico (edificazioni prossime a fiumi o bacini, infrastrutture collocate con poca attenzione all'impatto ambientale provocato, urbanizzazione di aree a rischio di dissesto idrogeologico, etc.).

Le osservazioni in merito alla congruenza dell'intervento di progetto con le previsioni degli strumenti urbanistici, e la segnalazione di eventuali problemi, devono trovare trattazione nella relazione di progetto preliminare.

##### CARTOGRAFIE CATASTALI

Le cartografie catastali (ordinariamente in scala 1:2.000, giacché si interviene su spazi aperti) sono di grande importanza in quanto il regime di proprietà dei suoli è spesso elemento condizionante determinante rispetto a scelte di programmazione territoriale. L'individuazione dei confini demaniali lungo strade, fiumi, litorali, è talvolta problematico, e uno degli obiettivi della sistemazione ambientale può appunto essere quello di riedificare in maniera visibile dei confini ai beni pubblici e agli ambiti fluviali (con siepi, filari, fossi, etc.), in modo da impedire fenomeni di abusivismo o appropriazione indebita.

Le mappe catastali, usate come base di appoggio di un rilievo topografico, costituiscono poi una formidabile testimonianza storica sulle dinamiche fluviali, perché consentono di verificare lo spostamento del ciglio di sponda, confine tradizionale delle acque pubbliche e quindi limite estremo dei fondi agricoli.

##### STUDI E RILIEVI ESISTENTI

Se esistono studi, tesi di laurea, ricerche, precedenti progetti insistenti sull'area di intervento, è bene acquisire tale materiale in quanto può costituire la base di rilievo più aggiornata e più veridica sullo stato dei luoghi; inoltre, studi o analisi ambientali preesistenti possono testimoniare sull'evoluzione storica di un problema (frana, dissesto, erosione), fornendo pure delle grandezze e delle misure utilizzabili per il dimensionamento degli interventi futuri.

##### RICHIESTA DI INFORMAZIONI E CONFRONTO DI OPINIONI

Nei progetti a forte componente territoriale può essere importante raccogliere informazioni provenienti dalla conoscenza e

dall'esperienza di soggetti che vivono sul territorio stesso o che ci lavorano, primi fra tutti i tecnici delle amministrazioni pubbliche. Oltretutto, in molti casi i dati provenienti da studi o analisi ufficiali sono scarsi o comunque non abbondanti e importanti possono essere i problemi di gestione e la conoscenza di situazioni recenti.

#### RACCOLTA DELLA BIBLIOGRAFIA POTENZIALMENTE UTILE

La bibliografia allegata ai progetti è ordinariamente costituita da quei testi o quegli studi citati nel lavoro o utilizzati a giustificazione di particolari scelte. Nel caso di progetti che utilizzano tecniche di ingegneria naturalistica, si pone il problema di fornire suggerimenti di ricerca sia ai progettisti stessi, sia ai soggetti che devono svolgere una funzione di verifica del progetto, sia a quei tecnici che, pur visionando il progetto e occupandosi di problematiche affini, non conoscono i presupposti della disciplina, non hanno esperienza di tali tecniche che sono di introduzione relativamente recente nella maggior parte delle regioni italiane e sentono quindi l'esigenza di approfondire l'argomento. Perciò è bene fornire una bibliografia ricca, che comprenda anche testi non direttamente citati o utilizzati nell'elaborazione progettuale.

##### 5.3.2. Raccolta dei prezzi vigenti

Nella fase di analisi dei costi, il riferimento obbligato per il progettista sono i prezzi ufficiali del Ministero dei Lavori Pubblici (editati regione per regione a cura del Provveditorato alle Opere Pubbliche), i prezzi regionali, in particolare quelli specifici per opere agricolo-forestali o di ingegneria naturalistica eventualmente esistenti, i prezzi delle associazioni di categoria (p.e. Assoverde). Nella redazione di progetti di ingegneria ambientale e naturalistica si utilizzano però spesso materiali particolari di provenienza locale, o legati a particolari circostanze di approvvigionamento (castagno, paleria, pietrame da cave locali, piante, etc.). I prezzi di tali materiali possono quindi distaccarsi in maniera sensibile, verso l'alto o verso il basso, dai prezzi ufficiali di riferimento delle associazioni di categoria.

E' quindi opportuno che già in fase di progettazione preliminare si verifichi se le condizioni stazionali comportano difficoltà o vantaggi per le imprese esecutrici, reperendo, con veloci indagini, informazioni sui prezzi di mercato delle tecniche e dei materiali utilizzati.

Il presente lavoro, nelle schede tecniche degli interventi di ingegneria naturalistica e di rinaturazione, fa riferimento al prezzario della Regione Marche, adottato con DGR n.140 del 6/5/99, ai sensi dell'art.2, comma<sup>2°</sup> della L.R. 22/95.

E' importante sottolineare che tale prezzario comprende voci di opere di ingegneria naturalistica "standard", ovvero di opere applicate, soprattutto all'estero, in "situazioni-tipo"; nel presente manuale, invece, è stato condotto uno studio particolare per opere applicabili in situazioni specifiche e in aree sismiche. E' stato dunque necessario integrare le informazioni fornite dal prezzario regionale con analisi prezzi delle opere che non vi sono comprese; questa procedura deve essere seguita tutte le volte che gli interventi previsti non siano assimilabili a quelli forniti dai prezzari disponibili.

##### 5.3.3. Rilievi speditivi

Nella fase della progettazione preliminare occorre eseguire dei rilievi sul campo che possano consentire misurazioni di larga massima, in quanto l'importo economico degli interventi previsti va quantificato con una certa precisione; tali rilievi non possono sovente essere appoggiati a misurazioni adeguate, in quanto gli

incarichi per rilievi e misure sono normalmente compresi nella fase esecutiva della progettazione. Il ridotto investimento per la redazione della progettazione preliminare è motivato dal fatto che poiché la fase preliminare corrisponde a un momento di interlocuzione tra più soggetti, e non sempre tutte le ipotesi presentate vengono poi perseguite e realizzate, ovviamente non è opportuno approfondire sino al dettaglio tanto gli elementi di analisi e rilievo quanto gli elementi di progettazione.

Il lavoro di progettazione deve quindi contare su una serie di conoscenze acquisite in campo o tramite analisi cartografica, conoscenze che, compatibilmente con la rapidità di acquisizione e il ridotto costo di esecuzione, consentano una misurazione attendibile degli interventi.

Laddove il problema e la soluzione appaiano al progettista sufficientemente definiti da formulare un'unica ipotesi progettuale, e laddove esista una certa sicurezza sulla successiva realizzazione della progettazione esecutiva e sulla cantierizzazione finale delle opere, sarebbe sempre buona norma per il progettista conferire un incarico specifico per il rilievo topografico puntuale dell'area di intervento, in modo da poter lavorare sin da subito su una base cartografica precisa. Poiché nella maggior parte dei casi tali condizioni non esistono (perlomeno non tutte assieme) il corretto principio di lavoro per il progettista è quello di eseguire rilievi speditivi, di celere realizzazione.

Tali rilievi sono costituiti da ricognizioni in campo, dalla raccolta di una adeguata documentazione fotografica appoggiata su cartografia esistente, da rilievi topografici di ridotta estensione, dal tracciamento di sezioni idrauliche tipo, ove possibile e opportuno, da disamine della flora e della vegetazione del luogo attuate in modo approfondito ma non necessariamente sistematico, dalla raccolta di cartografie o documentazioni iconografiche storiche (per verificare le dinamiche naturali, etc.), dal reperimento di informazioni cartografiche sul regime di proprietà, sulle reti di servizi passanti nelle aree di progetto e sulle servitù a queste collegate.

##### 5.3.4. Rilevamento sul campo

#### RILIEVI TOPOGRAFICI

I rilievi topografici puntuali nelle aree specificamente interessate dal progetto sono sempre necessari e sono finalizzati alla restituzione di planimetrie e sezioni localizzate; la scala prescelta varia a seconda dell'estensione, soprattutto per la planimetria.

Per ciò che riguarda le sezioni, poiché costituiscono elaborato di supporto anche alla fase di cantiere, vi è la necessità di consentire la percezione esatta delle modificazioni del profilo dei suoli o delle condizioni idrauliche; perciò si possono avere restituzioni di stampa a scala 1:100, 1:50, 1:20 o addirittura 1:10; la scala 1:200 per il rilievo di sezioni si giustifica solo quando il fronte di eventuali movimenti di terra è tanto esteso da non poter essere riportato nelle scale suddette se non con superfici di stampa estese e ingestibili praticamente.

I rilievi sono ad oggi eseguiti da ditte specializzate, talvolta addirittura specializzate sul tipo di rilievo (batimetrico marittimo, per trafori, per opere di urbanizzazione, etc.) in quanto siamo ormai di fronte alla totale informatizzazione del lavoro, dalla fase di rilievo sul campo alla fase di restituzione grafica e di disegno; le banche date delle imprese sono quindi impostate con schemi e disegni tipo funzionali alle diverse esigenze dei committenti.

Da quanto detto emerge la convenienza di fare riferimento a tecnici o ditte specializzati in rilievi di spazi aperti, tendenzialmente per sistemazioni agricolo-forestali, con il che sarebbe garantito

l'adeguato rilievo degli elementi di vegetazione esistenti in campo.

#### ANALISI DELL'ECOSISTEMA

L'ecosistema è per definizione un insieme di ecotopi, cioè un insieme di caratteri morfologici o geologici spazialmente definiti (geotopi) ai quali corrispondono cenosi vegetali e catene trofiche specifiche (biotopi). Il paesaggio aperto nel quale si interviene con opere di ingegneria naturalistica può essere a sua volta costituito da agro-ecosistemi oppure da ecosistemi forestali oppure da ecosistemi ripariali, palustri, litoranei, etc.

L'analisi degli ecosistemi sui quali si interviene è quindi un lavoro necessario ad orientare la scelta delle sistemazioni del suolo, delle regimazioni idrauliche, delle specie vegetali di progetto; l'analisi può essere costituita da una semplice descrizione all'interno del testo della relazione di progetto, da una restituzione cartografica che individui sul rilievo topografico il confine approssimativo tra i diversi ecosistemi (fronte del bosco, linea di sponda, etc.), da un approfondimento analitico sulla fauna presente in sito, da una ricerca bibliografica sulle caratteristiche del sistema di paesaggio nel quale si interviene.

Poiché il lavoro di ricerca e di studio naturalistico non viene riconosciuto come essenziale dalla committenza pubblica e non viene quindi commissionato, è utile poter far riferimento a testi o studi preesistenti ed insistenti sull'area, eventualmente pubblicati da bollettini di associazioni o di ordini professionali.

#### ANALISI DELLE CONDIZIONI DI DEGRADO PAESAGGISTICO-AMBIENTALE

Gli aspetti di degrado paesaggistico e ambientale presenti nei siti di intervento dovrebbero essere rilevati e restituiti su base cartografica (nel rilievo topografico puntuale) in modo da poter calcolare e dimensionare gli interventi di ripristino e recupero ambientale, che devono sempre rientrare fra gli obiettivi dei progetti di sistemazione ambientale. Purtroppo gli interventi di tipo idraulico o i cantieri di opere pubbliche sono spesso la prima fonte dell'innescamento di fenomeni di degrado in quanto presuppongono la rimozione della vegetazione forestale, lasciano intatte baracche o costruzioni fatiscenti e abbandonano poi il terreno denudato collaterale alle opere alla conquista ed alla mercé di infestanti vegetali o di improvvisati colonizzatori.

Gli elementi di degrado non sono però costituiti dai fenomeni naturali di erosione o di instabilità, rispetto ai quali si deve intervenire con le opere di consolidamento o rivestimento per salvaguardare interessi antropici. Il degrado paesaggistico-ambientale è piuttosto il risultato del sommarsi di incuria e abbandono del paesaggio storico, di interventi pesanti sul territorio, di elementi costruiti che banalizzano e semplificano il paesaggio, di usi impropri, quali le discariche abusive o costruzioni provvisorie in materiali di risulta. Il degrado può anche essere innescato da forme di governo della vegetazione basate sull'uso sporadico di barre falcianti, che eliminano tutta la vegetazione forestale di pregio autoctona lasciando campo libero a specie infestanti esotiche quali la robinia o l'ailanto.

In generale, le condizioni di degrado caratterizzano tutti quei luoghi periferici all'urbanizzato o compresi nei coltivi nei quali la percezione collettiva assimila il territorio pubblico a una sorta di "res nullius"; talvolta, i progetti di sistemazione ambientale possono riscattare questi territori restituendo loro caratteri naturalistici di pregio, potenzialità di fruizione, pulizia e decoro.

#### RILIEVI VEGETAZIONALI

La flora esistente nel sito può essere indagata in due modi, attraverso un censimento floristico o attraverso un'analisi vegetazionale; nel primo caso, vi sono sistemi di analisi codificati e consuetudinari che possono consentire di rilevare tutte le specie presenti in una determinata area e di attribuire al sito caratteristiche ambientali di qualità o di degrado a seconda del tipo di spettro biologico, corologico ed ecologico che emerge dal censimento.

Il censimento floristico condotto con criteri rigorosi e scientificamente corretti presupporrebbe rilievi di campo diffusi, indagini approfondite a campione con delimitazione di quadrati permanenti, passaggi a più riprese nelle diverse stagioni perché specie terofite o rizofite possono sfuggire al censimento in stagione di stasi vegetativa invernale; poiché non sempre vi sono a disposizione tempi e finanziamenti appropriati per condurre una simile indagine con tutti i caratteri prima accennati, si può lavorare all'estensione di censimenti floristici speditivi, con definizione di aree di saggio rappresentative delle diverse associazioni vegetazionali rilevate.

L'aspetto positivo del censimento floristico è la sua potenzialità di fotografare in modo esatto gli aspetti di qualità ambientale di un sito consentendo, con sistemi a tabella, una ottima ed immediata visualizzazione con la quantificazione delle specie rare, delle specie endemiche, delle specie esotiche o antropocore, etc.; l'aspetto negativo di questo sistema è il suo carattere molto "statico", che poco informa sulle dinamiche vegetazionali o sui fenomeni in atto a livello di fitocenosi (dominanza, recessione, etc.).

L'analisi vegetazionale presuppone invece un approccio di tipo diverso, cioè una indagine sui rapporti di tipo sociale che le piante intrattengono tra loro; questo tipo di analisi ci offre informazioni sulle associazioni vegetali, sui rapporti esistenti all'interno di tali consociazioni, sul livello di evoluzione e di maturità dell'associazione medesima.

Il metodo più consolidato e internazionalmente codificato di analisi delle cenosi vegetali è il metodo cosiddetto fitosociologico di Braun Blanquet. Il vantaggio maggiore nell'uso di tale sistema di analisi è dato dalla esistenza di una strumentazione di analisi e di restituzione dei dati conosciuta dai tecnici del settore, universalmente accettata come rappresentativa e significativa; altro vantaggio significativo nell'uso di tale sistema è dato dalle informazioni di tipo dinamico che ci restituisce, in quanto oltre ad analizzare una formazione vegetazionale consentendoci di attribuirle ad una associazione classificata ci permette pure di valutare se localmente questa associazione si presenta come in progressione, in evoluzione o in regressione.

Gli aspetti negativi del metodo di rilievo di Braun Blanquet sono in parte gli stessi del censimento floristico: un rilievo correttamente condotto dovrebbe estendersi almeno nell'arco di un intero anno, per consentire al rilevatore di misurare il grado di copertura delle diverse specie nelle diverse stagioni.

Inoltre, il metodo fitosociologico correttamente eseguito presuppone una serie di rilievi a tappeto su quadrati di rilievo di limitata estensione, il confronto successivo dei risultati di rilievo, l'apparentamento dei rilievi similari e solo a questo punto la tipizzazione e attribuzione della formazione rilevata ad una qualche associazione vegetale riconosciuta.

Una applicazione speditiva e con minor rigore del sistema può essere costituita dalla diretta caratterizzazione delle associazioni vegetali esistenti sul sito, dalla loro restituzione cartografica e dalla successiva indagine su quadrati riconosciuti come rappresentativi della formazione da parte del rilevatore; resta comunque l'aspetto problematico dei ridotti tempi a disposizione del progettista, e della necessità ineludibile per questo tipo di inda-

gini di estendersi sull'intero arco stagionale.

Alle conoscenze ottenute con i sistemi ed i metodi summenzionati sulla vegetazione reale del sito si devono poi aggiungere le informazioni reperite da bibliografia sulle condizioni fitoclimatiche e sulla vegetazione naturale potenziale del luogo, informazioni che raffrontate con i dati di rilievo ci possono consentire di comprendere quanto la situazione reale si discosti da quella potenzialmente propria del sito in caso di assenza di disturbi ed alterazioni antropiche.

La vegetazione naturale potenziale di un sito non comprende solo quelle associazioni che si insedierebbero al termine della successione vegetazionale, ma anche tutte le associazioni pioniere, quelle differenziali, quelle intermedie nella successione: infatti l'evoluzione naturale non è un fenomeno lineare e deterministico, e molteplici fattori possono costituire elemento limitante all'insediamento delle associazioni cosiddette climatiche: tutte queste associazioni sono parimenti "naturali" e compete al progettista scegliere al loro interno quella di cui perseguire la ricostruzione.

L'obiettivo progettuale infatti non è sempre costituito dalla ricostruzione delle formazioni forestali dominanti, talvolta il pregio di determinate associazioni vegetali è dato proprio dal loro carattere debole e recessivo, dal loro essere legate ad habitat particolari oggi rarefatti, dal loro mantenimento di caratteristiche naturali nel popolamento e nella struttura.

In ogni caso le conoscenze acquisite in campo e da bibliografia sulla vegetazione sono preziose per orientare la scelta delle specie di progetto e sono perciò necessariamente da prevedere, anche se nel grado di rigore e di precisione volta a volta consentito dai tempi di progettazione, dalle risorse e dai tempi a disposizione, dalla portata degli interventi, dal grado di naturalità più o meno spiccato del contesto territoriale di intervento.

#### STUDI IDROLOGICO-IDRAULICI

Nelle situazioni ove le tecniche di intervento siano suscettibili di far variare in maniera rilevabile le portate a valle e a monte dell'area di progetto, o nei progetti più prettamente idraulico-ambientali (realizzazione di casse di espansione, messa in sicurezza di abitati lungo corsi d'acqua, etc.) è ovviamente necessario prevedere uno studio idrologico-idraulico, già nella fase di progettazione preliminare.

La valutazione di alcune grandezze idrauliche è comunque importante, e richiesta, se esse incidono sul funzionamento o la resistenza dell'opera oppure, viceversa, se quest'ultima può determinare una variazione delle stesse grandezze tale da comportare eventuali problemi. In tali casi, occorre pertanto produrre opportune verifiche che attestino l'accettabilità, con un certo grado di sicurezza, rispetto alle condizioni stimate, oppure che orientino alla modifica nel dimensionamento o nella scelta delle soluzioni.

Si tenga comunque presente che, quasi sempre, le grandezze in gioco hanno natura stocastica e, soprattutto per le opere di ingegneria naturalistica, i dati necessari a tarare modelli interpretativi sono essenzialmente carenti, se non mancanti. Quindi si ricorre a osservazioni di riferimento e a principi cautelativi.

#### STUDI GEOLOGICO-TECNICI

In molti casi, può essere necessario verificare le condizioni di stabilità del terreno e delle opere ivi collocabili, tramite studio di eventuali movimenti franosi e valutazioni geotecniche, che richiedono l'analisi del tipo di terreno, delle condizioni geomorfologiche e idrogeologiche. Queste ultime possono essere importanti

anche ove in caso di potenziali effetti determinati dall'interazione con la falda.

Gli studi delle dinamiche geomorfologiche e del trasporto solido, che coinvolgono quindi analisi d'idraulica fluviale, sono importanti per la mirata pianificazione e progettazione degli interventi di sistemazione idraulica dei corpi idrici, specie ove non si limitino a semplici consolidamenti puntuali.

#### RILIEVO FOTOGRAFICO

Il rilievo fotografico è necessario nella fase di progettazione preliminare in quanto consente una immediata visualizzazione delle problematiche e dello stato dei luoghi interessati dal progetto.

Poiché uno degli scopi del progetto preliminare è quello di consentire un confronto con la committenza e a una eventuale presentazione a soggetti particolari interessati dal progetto (pescatori, abitanti della zona, comitati locali, associazioni ambientaliste, etc.), è importante costruire il progetto in modo da consentirne una lettura anche a persone prive di cognizioni tecniche: da questo punto di vista, un buon rilievo fotografico commentato, con espliciti riferimenti ai contenuti del progetto, è uno strumento molto valido.

Per i motivi summenzionati, è opportuno che la documentazione fotografica sia ridotta nel numero delle immagini, sia costituita da foto ben leggibili una volta stampate nel formato prescelto, sia organizzata con riferimenti didascalici.

#### RACCOLTA E CONFRONTO DI OPINIONI

Nella fase di elaborazione progettuale possono essere utili confronti e incontri mirati con la popolazione, con soggetti collettivi portatori di interessi diffusi, con associazioni e comitati locali. Quando da tali occasioni di confronto emergono indicazioni molto precise, suggerimenti utili per orientare il lavoro del progettista, bisogni particolari dei fruitori del territorio interessato, sarebbe utile far trasformare tali osservazioni in documenti scritti in modo da poterli inserire tra gli allegati progettuali, esplicitando e rendendo così trasparente il rapporto tra il progettista e la "committenza diffusa".

Occasionalmente poi le progettazioni di tipo ambientale hanno ricadute dirette sulla collettività in quanto sono esplicitamente finalizzate al miglioramento della fruizione di una certa area, alla razionalizzazione delle attività di pesca o canottaggio lungo i fiumi, alla edificazione di parchi fluviali o di aree naturalistiche a gestione controllata. In questi casi sarebbe fondamentale e necessario il rapporto con la fruizione potenziale o attuale, il recepimento di osservazioni e la capacità di progettare in relazione a bisogni e domande reali.

#### RILIEVI SPECIFICI, IN RELAZIONE AGLI OBIETTIVI

Quando il progetto sia esplicitamente finalizzato al perseguimento di un obiettivo specifico, quale può essere ad esempio il miglioramento dei popolamenti ittici, è utile arricchire il progetto preliminare di relazioni o studi specialistici a supporto della efficacia delle soluzioni individuate rispetto al perseguimento dell'obiettivo progettuale.

Nel caso di esempio, sarà opportuno ricercare in bibliografia specialistica o su riviste del settore se esistono studi pregressi che possano servire all'elaborazione progettuale; ove non si reperiscano studi o ricerche già eseguite, diventa obbligata la strada dell'incarico specifico ad un esperto in materia per la redazione di studi o indagini sul campo (censimento ittiofauna, rilievo delle discontinuità naturali e degli ostacoli alla migrazione, individuazione degli habitat potenziali per le specie da facilitare, etc.).

Particolare importanza, e quindi anche specificità, possono assumere i rilievi nel caso di progetti pilota o di ricerca, al fine di disporre di documentazione dettagliata per effettuare confronti nel tempo delle diverse situazioni, oltre che per motivi promozionali e di comunicazione.

#### VERIFICA DELLA DISPONIBILITA' DI MATERIALI E COMPETENZE

I progetti fondati sull'uso dell'ingegneria naturalistica presuppongono la disponibilità di materiale vivo o morto usualmente non presente sui mercati, e presuppongono la presenza di maestranze, forestali e tecnici del verde, capaci ed esperte; nel progetto preliminare rientra anche la verifica sulla presenza di queste due condizioni, che vanno dettagliate e relazionate.

Tra i materiali "fuori mercato" rientrano la ramaglia viva di salicacee, la ramaglia morta di castagno di dimensioni ridotte, le talee in genere di specie dotate di vigoria vegetativa e di capacità di emissione di radicazione avventizia (salici, pioppi, tamerici, miricaria, etc.). Alla carenza in zona di tali materiali si può fare fronte relativamente, in quanto il costo del viaggio incide talvolta in maniera sproorzionata sul costo del materiale; inoltre, uno dei principi fondamentali dell'ingegneria naturalistica è quello di utilizzare materiale vegetale di provenienza certificata, prossimo al sito di cantiere e comunque reperito in stazioni fitoclimaticamente uguali a quella di progetto.

Motivi di carattere paesaggistico-ambientale suggeriscono poi di utilizzare terreni e pietrami di provenienza locale, che possiedono il chimismo compatibile con le condizioni stagionali, i colori e la forma propri del luogo, e che inglobano normalmente semi già presenti in sito.

#### 5.4. Progettazione

L'articolazione, la struttura e gli obiettivi delle diverse fasi della progettazione sono definite dalla Legge Quadro sui Lavori Pubblici (L. 109/94). In particolare, sono previste tre fasi di progettazione, corrispondenti a rispettivi tre livelli di approfondimento e definizione: preliminare, definitiva, esecutiva. Si rimanda quindi alla suddetta normativa (Art. 16) e al suo Regolamento attuativo (DPR 554/99) per le procedure e le formalità da espletare. Nel seguito si daranno quindi per scontate queste ultime mentre ci si soffermerà su quegli aspetti a cui si dovrà dare particolarmente attenzione per i progetti di ingegneria naturalistica.

A tal proposito, in linea generale, l'articolo 15 del suddetto Regolamento dispone quanto segue:

- "La progettazione è informata, tra l'altro, a principi di minimizzazione dell'impegno di risorse materiali non rinnovabili e di massimo riutilizzo delle risorse naturali impegnate dall'intervento e di massima manutenibilità, durabilità dei materiali e dei componenti, sostituibilità degli elementi, compatibilità dei materiali ed agevole controllabilità delle prestazioni nel tempo.
- Il responsabile del procedimento cura la redazione di un documento preliminare all'avvio della progettazione con allegato ogni atto necessario alla redazione del progetto...Il documento preliminare...riporta fra l'altro l'indicazione a) della situazione iniziale e della possibilità di far ricorso alle tecniche di ingegneria naturalistica;... h) degli impatti dell'opera sulle componenti ambientali...
- I progetti... sono redatti... in modo da assicurare il massimo rispetto e la piena compatibilità con le caratteristiche del contesto territoriale e ambientale in cui si colloca l'intervento, sia nella fase di costruzione che in sede di gestione.
- Gli elaborati progettuali prevedono misure atte ad evitare

effetti negativi sull'ambiente, sul paesaggio... in relazione all'attività di cantiere"

Si sottolinea l'importanza di tali prescrizioni, ovvero la rivalutazione del ruolo del progettista, che assume quindi il diritto/dovere di prevedere soluzioni ottimali a livello ambientale. Nel campo dell'ingegneria naturalistica, ciò significa che il progettista, ovunque possibile (altrimenti occorre dimostrare il contrario), deve applicare tali tecniche.

Maggior voce in capitolo quindi al progettista, ma anche maggior possibilità da parte della popolazione di pretendere scelte di un certo tipo.

I progettisti tengano però presente che, secondo questa logica, aumenta, allo stesso tempo, la responsabilità, aggiungendo all'idoneità e all'efficienza tecnico-economica del progetto l'ottimizzazione ambientale. Ciò significa non solo ricorre, ove possibile, a tecniche della progettazione ambientale, ma anche optare per la soluzione ambientalmente migliore fra di esse. In materia di ingegneria naturalistica ciò significa seguire la ormai diffusa scala delle priorità decrescenti: 1) consentire la massima espressione dell'ecosistema, evitandone forzature; 2) applicare la tecnica meno impattante possibile, ovvero ricorrendo a materiali vegetali; 3) ricorrere a tecniche miste. Tecniche che comportano quindi il ricorso a scogliere, gabbioni, terre rinforzate, legname, geotessili, ecc. devono quindi essere evitati se si verifica la possibilità di ottemperare alle esigenze con tecniche rigorosamente naturalistiche. Si tenga però sempre presente l'opzione "0", che dovrà essere adottata qualora si verificassero incompatibilità di qualsiasi intervento.

##### 5.4.1. Contenuto della progettazione preliminare

La progettazione preliminare ha lo scopo essenziale di consentire una verifica con il committente su un ventaglio di ipotesi progettuali ancora da esplorare o da approfondire, in modo da poter scegliere con precisione gli indirizzi del successivo progetto esecutivo. Poiché la committenza è spesso costituita da pubbliche amministrazioni, la progettazione preliminare possiede anche altri scopi, quali quello di presentare alla collettività o a soggetti presenti sul territorio le ipotesi d'intervento, o quello di supportare una determinazione di spesa ufficiale e precisa da inserire in bilancio e da sottoporre a tutti i vagli interni dell'amministrazione medesima.

Talvolta, lo scopo principale della progettazione preliminare è proprio quello di consentire a un ente di rivolgere specifiche richieste di finanziamento ad altri enti pubblici erogatori, competenti sulla materia trattata o dotati di poteri di controllo o di supervisione in merito.

Gli elementi costitutivi della progettazione preliminare si possono così raggruppare:

- CARATTERIZZAZIONE DEL PROBLEMA, tramite rilievi di campo e indagini preliminari, descrizione sintetica delle problematiche che originano la necessità di intervento, documentazione iconografica, cartografica o fotografica di localizzazione e supporto.
- INDIVIDUAZIONE DELLE IPOTESI DI SOLUZIONE, tramite descrizione sintetica delle strategie di intervento e delle tecniche ritenute più adeguate, loro localizzazione su cartografia a scala vasta (corografia) e media, documentazione schematica sulle tipologie tecniche proposte, esemplificazione iconografica o fotografica, anche con simulazioni, sui risultati dell'applicazione delle tecniche proposte; eventualmente, produzione di sezioni-tipo in scala del corso d'acqua o delle scarpate sistematiche, anche se non quotate.

- STUDIO DI PREFATTIBILITÀ AMBIENTALE, ovvero confronto di massima dei prevedibili effetti fra le possibili soluzioni e individuazione delle misure di mitigazione e miglioramento.
- ANALISI ECONOMICA, tramite determinazione di massima dei costi previsti per le sistemazioni proposte, eventualmente comprensiva di comparazione tra i costi delle diverse ipotesi progettuali sottoposte a verifica.

La fase della progettazione preliminare costituisce un'occasione interessante di interlocuzione tra gruppo di progettazione e committenza, tanto più significativa se si tiene presente che spesso si pongono al progettista richieste contrastanti con i principi e la filosofia di intervento dell'ingegneria ambientale: rettificazione di alvei, canalizzazioni, "bonifiche" di zone umide, eliminazione di calanchi o scoscendimenti, magari anche senza necessità, "messa in sicurezza idraulica" di terreni boscati o a seminativo, etc.

In questi casi la correttezza e la deontologia professionale obbligano il progettista a mettere in discussione i presupposti progettuali sui quali si basa il suo stesso incarico, e lo obbligano a tentare di intervenire sulla committenza utilizzando i dati conoscitivi acquisiti in fase di progettazione per orientare diversamente la strategia di intervento.

Rinunciare a priori a questa dialettica con la committenza, trasformando il progettista in semplice esecutore, priva la committenza medesima di una possibilità di verifica ponderata e ragionata in contraddittorio; ove il confronto con la committenza non produca i benefici sperati dal punto di vista dell'impostazione progettuale, rimane ovviamente a carico del progettista l'onere di stabilire se gli aggiustamenti ottenuti possono soddisfarlo, o se piuttosto egli non debba correttamente rinunciare all'incarico esecutivo in quanto non più in condizione di perseguire la coerenza ai propri principi.

In generale, si tenga presente che una buona esecuzione della fase preliminare (analisi del problema, indagini, progettazione preliminare) è di grande importanza per i progetti di carattere ambientale. Peraltro, le attività che si devono svolgere, che non si limitano a quelle tecniche e richiedono verifiche e confronti di opinione, anche lunghe e impegnative, sono di una certa entità e onere, malgrado ciò non è ben riconosciuto dalle aliquote dei tariffari professionali, in quanto concepiti in tempi ove tali esigenze non erano così sentite. Quindi, nel seguito, si dedicherà maggiore spazio a tale fase.

#### *5.4.2. Contenuto della progettazione definitiva ed esecutiva*

La progettazione definitiva ed esecutiva devono essere strutturate in modo da consentirne la valutazione da parte degli organi pubblici committenti o di controllo, quindi devono prevedere una relazione tecnica sintetica che motivi, sulla base degli studi svolti in fase di preliminare e dei successivi confronti, le scelte tecniche e progettuali; inoltre deve prevedere tutti gli elaborati grafici necessari a rendere comprensibile e cantierabile l'intervento, ossia tavole di rilievo e di stato sovrapposto con planimetrie, sezioni, profili, prospetti, dettagli costruttivi.

Per ciò che riguarda la parte economica, il progetto esecutivo deve prevedere obbligatoriamente un elenco prezzi, con i prezzi a misura e a corpo di tutti i materiali e tutte le opere progettate o inserite nel progetto medesimo, un capitolato speciale d'appalto con tutte le condizioni e prescrizioni alla impresa, un computo metrico estimativo con la quantificazione degli interventi, il relativo prezzo e i totali risultanti (quadro economico).

Si tenga inoltre presente che il Regolamento Merloni richiede anche il "quadro dell'incidenza percentuale della quantità di

manodopera", aspetto importante per i lavori di ingegneria naturalistica.

Più in dettaglio, oltre alla relazione tecnica gli elaborati che compongono il progetto definitivo ed esecutivo sono i seguenti (si rimanda ai capitoli specifici la trattazione più approfondita degli argomenti).

#### INDAGINI GEOLOGICO-TECNICHE

Alcune tecniche di ingegneria naturalistica (cassoni vegetati, palificate, cordonate,...) possono essere interpretate come strutture geometricamente e strutturalmente definite, il cui comportamento meccanico può essere quindi modellizzabile matematicamente. Possono essere quindi sottoponibili a verifiche di resistenza e di comportamento sul piano geotecnico attraverso metodi di calcolo convenzionalmente accettati; può quindi essere necessario allegare al progetto tali elaborati di tipo geotecnico ove si prevedano le tecniche summenzionate.

Per quel che riguarda gli interventi su argini pensili, su corpi di frana, su cave dismesse o su suoli con problemi di stabilità, la relazione geotecnica dovrebbe già essere allegata alla progettazione preliminare all'atto di consegna agli enti di controllo e verifica.

Studi geomorfologici (ad esempio sulle dinamiche fluviali di meandrazione), geologici o pedologici possono essere invece utili a corredo della progettazione esecutiva, perché l'efficacia delle tecniche di ingegneria naturalistica è direttamente condizionata dal tipo di substrato, dal chimismo del suolo, dalla struttura del terreno. Tali elaborati possono essere a volte richiesti dagli organi di controllo e verifica ad integrazione degli studi già presentati in allegato al progetto preliminare.

#### INTEGRAZIONI AGLI STUDI IDRAULICI E IDROLOGICI

Se nel progetto preliminare si sono presentate sezioni-tipo della sistemazione idraulico-ambientale prevista, nel progetto definitivo ed esecutivo si devono invece allegare sezioni idrauliche reali, localizzate su cartografia planimetrica e quotate, ed eventuali profili longitudinali dell'alveo. Può allora risultare necessario integrare gli studi idraulico-idrologici già eseguiti in fase di progettazione preliminare con calcoli idraulici rapportati alle sezioni tracciate o con verifiche sulle portate di piena, i livelli e/o le velocità nei punti interessati da sistemazioni o opere collaterali o limitatamente ai tratti critici. Tali verifiche possono essere particolarmente importanti, se non indispensabili, nel caso delle opere trasversali.

Particolare importanza è la verifica della resistenza meccanica dell'opera di rivestimento o della vegetazione all'azione di trascinarsi della corrente idrica.

#### STUDIO DI FATTIBILITÀ AMBIENTALE (O STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE, OVE RICHIESTO)

Nel caso di interventi di ingegneria naturalistica, la scelta di utilizzare queste tecniche rappresenta di per sé la una soluzione al problema posto dall'Art. 29 del Regolamento Merloni. Chiaramente occorre però dimostrare che la soluzione scelta, anche rispetto ad altre opzioni rientranti nella categoria delle opere di ingegneria naturalistica, rappresenta quella migliore per l'ambiente, ovviamente in compatibilità con gli obiettivi del progetto, come peraltro richiamato all'inizio del Par. 6.5.

#### TAVOLE E DISEGNI TECNICI

Le tavole e i disegni tecnici sono il contenuto principale del progetto esecutivo, in quanto la raffigurazione degli interventi deve

qui essere tale da consentirne l'immediata cantierizzazione.

Tra le tavole di progetto deve necessariamente essere presente una planimetria di progetto o di stato sovrapposto nella quale siano identificabili con apposite simbologie o legende gli interventi di progetto, ove possibile redatta in piccola scala (1:500, 1:200, 1:100).

Quando gli interventi presuppongono movimenti di terra e non semplici riprofilature, si devono produrre una planimetria e specifiche sezioni con il movimento terra riportato tramite legenda e colorazione convenzionale (campitura rossa per i riporti e campitura gialla per gli scavi). La scala delle sezioni dovrebbe essere al massimo 1:200, perché al di sopra di questo rapporto movimenti di terra anche ragguardevoli appaiono poco leggibili.

Le sezioni di progetto, redatte nella medesima scala delle sezioni dei movimenti terra, devono invece riportare, con simbologie o raffigurazioni schematiche, gli interventi e le tecniche di progetto. Le quotature delle sezioni e delle tavole indicanti i movimenti di terra devono essere eseguite con il medesimo criterio, ossia con quote assolute o relative a seconda delle esigenze di progetto.

Le elaborazioni devono essere prodotte ad hoc per ciascun progetto. Si deve assolutamente evitare, d'altra parte sarebbe precluso anche per legge, pur essendo purtroppo una pratica diffusa, l'adozione di disegni tratti da libri o progetti precedenti, non solo per serietà professionale, ma soprattutto perché i progetti di ingegneria naturalistica non possono essere banalmente standardizzati.

#### ALLEGATI GRAFICI E PARTICOLARI COSTRUTTIVI

Le tecniche di ingegneria naturalistica non sono standardizzate, sono ancora poco utilizzate e poco conosciute anche dalle imprese del settore; per questi motivi si rende necessario allegare al progetto esecutivo delle tavole che riportino in piccola o piccolissima scala (1:50, 1:20, 1:10) i dettagli costruttivi delle diverse tecniche utilizzate.

Le tavole contenenti i dettagli costruttivi è opportuno che siano particolarmente ricche di quotature, di spiegazioni scritte e didascalie, in modo da evitare equivoci o errori nella realizzazione delle opere da parte delle imprese esecutrici; neppure si può far carico la direzione dei lavori di definire i i dettagli costruttivi delle opere, pena l'inefficienza e notevoli rischi di incongruenza sul piano sia tecnico che economico.

#### COMPUTO METRICO ESTIMATIVO, ELENCO PREZZI UNITARI

Gli elaborati di analisi economica necessari all'affidamento di un progetto sono differenziati a seconda della committenza, poiché in caso di committente privato si deve procedere alla semplice redazione di un computo metrico e di un elenco prezzi unitari che consentano il raffronto tra le offerte delle diverse ditte contattate e la stipula del contratto. Alle imprese si consegna in genere il computo e l'elenco prezzi privo di cifre nella colonna dei prezzi, mentre resta al committente una copia con prezzi di mercato che consente di valutare la credibilità e l'affidabilità delle ditte che si candidano alla realizzazione: ovviamente eccessivi ribassi rispetto ai prezzi di listino o di mercato ponderati dal progettista sono sospetti, e l'impresa offerente deve essere perlomeno sottoposta a richiesta di chiarimenti.

Questi elaborati sono necessari anche se non sufficienti pure in caso di committente pubblico, in quanto servono all'ente per sottoporre a gara e aggiudicare i lavori. Secondo i recenti aggiornamenti normativi, l'aggiudicazione avviene sottoponendo alle imprese invitate o candidatesi un elenco prezzi unitari privo di

cifre, e l'ente sceglie sulla base della percentuale di ribasso offerta sul totale dei prezzi unitari o, per appalti consistenti, sulla base della somma dei singoli ribassi sulle voci di elenco. Questa procedura obbliga a redarre un elenco prezzi limitato alle voci realmente presenti nel progetto o ritenute di possibile utilizzazione con varianti, in quanto elenchi molto ricchi di voci possono falsare il risultato consentendo al limite di aggiudicarsi l'appalto all'impresa che offre sconti maggiori su opere non previste in realtà nel progetto.

La regola generale di costruzione dei prezzi è quella di definirli in funzione delle condizioni di omogeneità economico-territoriale e a seconda delle modalità costruttive prescelte.

Per quel che concerne l'individuazione degli ambiti di omogeneità, si può far direttamente riferimento ai prezzari degli ordini professionali, delle camere di commercio o delle associazioni di categoria (dove i prezzi sono differenziati per regione o per provincia), oppure ci si può appoggiare a prezzi reali di mercato e prezzari di imprese locali, decurtati ovviamente dei margini di utile legati al lavoro al dettaglio.

Per ciò che riguarda invece le modalità costruttive, tutte le volte che si introducono modifiche alle tipologie tecniche riportate in manualistica o in letteratura si devono anche calcolare le differenze di prezzo che queste modifiche comportano: le tecniche di ingegneria naturalistica sono infatti molto flessibili, facili da adattare ai diversi contesti attraverso cambiamenti nei materiali o nei dettagli. Possono anche nascere dei malintesi o delle contestazioni a causa del fatto che manuali tecnici di ingegneria naturalistica (tra l'altro a cura di enti pubblici) riportano, per la medesima tecnica, dei prezzi anche molto diversi, e questi problemi si possono risolvere solo riportando nell'elenco prezzi (o nel capitolato) delle descrizioni dettagliate dell'opera, dei materiali e delle misure relative.

Nel computo, le quantità delle opere si desumono misurando i disegni degli elaborati progettuali e applicando le densità precisate negli elaborati medesimi o nell'elenco prezzi unitari. Le densità previste per opere quali la messa a dimora di talee o di piante radicate sono a loro volta dipendenti dai fini progettuali e dagli scopi dell'intervento: quando l'obiettivo è un rivestimento rapido e continuo la densità è elevata, quando l'obiettivo è invece l'edificazione di siepi o macchie arbustive si devono seguire corretti principi agronomici nella scelta dei sesti di impianto.

#### ANALISI PREZZI, CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO

Quando il committente è un ente pubblico (Comune, Provincia, Regione, Consorzio di Bonifica o Comunità Montana) le procedure di attribuzione dell'appalto rendono obbligatori altri due elaborati allegati alla progettazione esecutiva, il capitolato speciale d'appalto e (in certi casi) l'analisi prezzi.

Il capitolato speciale d'appalto riporta le condizioni poste all'impresa dal punto di vista della corretta esecuzione dei lavori, della gestione del cantiere, del rispetto delle normative vigenti in materia di sicurezza e diritti dei lavoratori. Per il suo rilievo contrattuale esso impegna l'impresa nei confronti della pubblica amministrazione e della Direzione Lavori, e quindi è il documento nel quale si devono inserire le descrizioni più dettagliate delle tecniche utilizzate, dei tempi e modi per la loro esecuzione, dei materiali da utilizzare.

Nel capitolato d'appalto è utile riportare anche i criteri di corretta impostazione e gestione delle fasi di cantiere, in modo da salvaguardare la vegetazione presente in sito e da eseguire i lavori con il minimo di impatto ambientale.

L'analisi prezzi è invece un elaborato che viene richiesto dalla

pubblica amministrazione quando si reputa necessario giustificare e fondare, sopra una analisi dettagliata, i prezzi riportati nell'elenco prezzi unitari, a causa dell'importo dei lavori in appalto o della tipologia non standardizzata delle opere di progetto. Infatti quando le opere sono standardizzate, e questo accade in genere per quelle molte tipologie dell'ingegneria civile e dell'edilizia, sono disponibili prezzi ufficiali o di categoria direttamente citabili a giustificativo dei prezzi utilizzati in elenco.

L'analisi prezzi delle opere di ingegneria naturalistica si costruisce quantificando, per ogni unità di misura dell'opera, il tempo di lavoro necessario ripartito per qualifica (operaio, operaio forestale qualificato, operaio forestale specializzato), il materiale utilizzato e il nolo macchine stimato in ore e frazioni. Per ottenere un calcolo rigoroso e corretto sarebbe però necessario un monitoraggio su cantieri reali nel territorio prossimo all'intervento in condizioni differenziate per difficoltà; si deve infatti considerare che i fattori che sbilanciano notevolmente il prezzo di opere di ingegneria naturalistica sono la qualificazione e l'esperienza in campo della manodopera (quando è bassa, i tempi di esecuzione aumentano a dismisura), la disponibilità di materiali vivi o morti in prossimità dei cantieri e le difficoltà di accesso e gestione del cantiere per motivi idraulici, climatici, di distanza da strade carrabili etc.

Per costruire i prezzi in modo corretto e prossimo al vero, il progettista dovrà quindi ponderare quale tra le esperienze riportate in bibliografia o recensite da riviste specializzate sia più simile alla realtà di intervento nella quale egli opera, dovrà prendere conoscenza dei prezzi di mercato e dei prezzi riportati per le diverse tecniche nei manuali disponibili, dovrà valutare se le analisi prezzi riportate in testi disponibili siano eseguite tenendo conto delle specificità del progetto in esecuzione, e dovrà a questo punto aggiornare o creare ex novo le analisi prezzi per le opere previste.

#### PIANO DI MANUTENZIONE

Il piano di manutenzione rientra tra gli elaborati progettuali obbligatori ai sensi della L. 109/94, che prevede di allegarlo al progetto esecutivo (Art. 16, 5° comma), mentre il Regolamento attuativo ne descrive il contenuto (Art. 40 DPR 554/99).

Il principio generale da tenere presente è che la manutenzione degli interventi di ingegneria naturalistica deve essere tendenzialmente nulla quando sia possibile lasciare libero spazio alla evoluzione naturale della vegetazione inserita nelle opere, e deve invece essere proporzionalmente crescente in relazione alla artificialità perseguita dei soprassuoli edificati.

Se gli esemplari arborei o arbustivi inseriti nelle opere non vengono disturbati, si avrà infatti tendenzialmente una crescita vigorosa delle specie riprodotte per talea e una crescita più ridotta nel primo periodo per le specie riprodotte da esemplari radicati. La crescita delle formazioni boschive o arbustive sarà tendenzialmente omogenea a seconda della specie e della tecnica riproduttiva, per cui si avranno macchie di esemplari coevi con fusti isodiametrici e altezze uniformi. I getti da talee, inizialmente appressati, saranno soggetti poi a un naturale diradamento con deperimento e morte dei rami e degli esemplari più ombreggiati, mentre le specie forestali di pregio sciafile ed a lenta crescita sul lungo periodo emergeranno e domineranno le specie pioniere.

In questo modo, se il progetto ha ben impostato il problema della evoluzione naturale futura della vegetazione (considerando i sestri di impianto, le seriazioni, le compatibilità) anche senza intervento dell'uomo si avrà una trasformazione della formazione forestale pioniera insediata in bosco maturo.

La situazione tipica nella quale si rende invece necessario la previsione di interventi periodici di governo della vegetazione è quella dei corsi d'acqua artificializzati o rettificati a sezione ristretta obbligata, dove gli interventi idraulici con ingegneria naturalistica non possono comportare ampliamenti dell'alveo per la presenza sopra sponda di edifici o attività produttive. In questi casi si dovrà prevedere un taglio di ceduzione a cadenza pluriennale finalizzato al ringiovanimento della parte epigea delle piante, in modo da avere sempre getti flessibili e densi di diametro ridotto.

Gli obiettivi degli interventi di manutenzione su opere di ingegneria naturalistica possono poi essere diversi, in relazione a diverse finalità progettuali, e in rapporto a questi variano anche le operazioni da prevedere e la periodicità delle operazioni medesime. Per ottenere un bosco di versante privo di esemplari sfilati o inclinati (problematici dal punto di vista statico) si dovrà provvedere per tempo a diradamenti che selezionino esemplari arborei sani e ben strutturati, mentre per avere una boscaglia ripariale bisogna fare esattamente l'opposto.

Non esiste quindi una cadenza obbligatoria negli interventi sulla vegetazione uguale a seconda della tecnica utilizzata, ed è compito del progettista valutare in primo luogo se una manutenzione è da prevedersi, quindi se tale manutenzione ha l'obiettivo di favorire o di ostacolare la crescita della vegetazione, e infine quanto le operazioni di manutenzione devono essere ravvicinate.

#### PIANO DI SICUREZZA

Ove il caso lo richieda, può essere obbligatoria la predisposizione del Piano di Sicurezza, ai sensi dell'Art. 11 del DL 14/8/96 n. 494. L'Art. 4 definisce il Coordinatore per la progettazione quale redattore del Piano. La normativa istituisce anche la figura del Coordinatore per l'esecuzione dei lavori.

Il decreto si applica alle attività descritte all'allegato I, che corrispondono ai lavori edili e di genio civile, tuttora regolati dal D.P.R. 164/56, ai quali si aggiungono i lavori impiantistici che comportano anche attività edili e di genio civile.

Le opere di ingegneria naturalistica rientrano intrinsecamente dall'art. 2 c.1 e dall'Allegato 1 del D.Lvo 494/96 sotto le voci: opere idrauliche, marittime, di bonifica, sistemazione forestale e del suolo, scavi e consolidamento.

Il D.Lgs. 494/96 prevede obblighi a carico del committente (o del responsabile dei lavori da lui incaricato), che comprendono la designazione del coordinatore per la progettazione e del coordinatore per l'esecuzione dell'opera (rispettivamente prima della fase di progettazione esecutiva e prima dell'affidamento dei lavori).

Tale designazione è obbligatoria per cantiere di dimensioni superiori a determinate soglie.

Per quanto riguarda la definizione di queste ultime e le modalità di redazione e gestione dei piani e delle attività di competenza del coordinatore per la progettazione e per l'esecuzione dei lavori, responsabile in materia di sicurezza si faccia riferimento alla normativa citata.

Si ricorda inoltre che rimangono in vigore le norme particolari dettate dal D.P.R. 164/56, dalle altre norme vigenti in materia di prevenzione nonché, infine, dal D.Lgs. 626/94.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- AA.VV., Atti del convegno INGEGNERIA NATURALISTICA, Pesaro 7 aprile 1995 ed. Ass. all'Ambiente Provincia di Pesaro e Urbino, 1997.
- AA.VV., Slope Stability, edited by M.G. Anderson e K.S. Richards - John Wiley & Sons, 1987, Fredlund, D.G., pp.113-144, Greenway, D. R. pp.187-230.
- AA.VV., Slope stabilization and erosion control. A bioengineering approach, a cura di R.C.P. Morgan e R.J. Rickson, ed. E. and F.N. Spon, Londra, 1995.
- ABE, K., ZIEMER, R. R., "Effect of tree roots on a shear zone: modeling reinforced shear stress.", *Ca. J. For. Res.*, 21, 1991, pp.1012-1019.
- Bache, D.H., MacAskill, I.A., *Vegetation in civil and landscape engineering*, Granada Publishing ed., 1984, pp.77-82.
- Bazoffi P. & Zanchi C., Studio della dinamica dell'erosione e di alcune caratteristiche fisiche dei sedimenti asportati, in condizione di pioggia simulate, su un suolo franco Mugello (Toscana). *Annali Istituto sperim. Studio e difesa suolo*, vol. XVIII, 1987, pp. 89-110.
- BIONDI E., Baldoni M., *Natura e Ambiente nella Provincia di Ancona*, ed. Provincia di Ancona, 1996.
- BIONDI E., Baldoni M., TALAMONTI M. C., *Il fitoclima delle Marche*, Accademia di scienze, lettere ed arti, Ancona, 1995.
- Brown C.B. & Sheu M.S., - Effects of deforestation on slopes. *J.Geotech.Eng.Div., ASCE*, 101 (GT2), 1975, pp.147-165.
- Burroughs, E. R., Thomas, B. R., "Root strength of Douglas-fir as factor in slope stability.", *USDA Forest Service review draft INT 1600-12 (9/66)*, 1976, 30 pp.
- Burroughs, E. R., Thomas, B. R., "Declining root strength in Douglas-fir after falling as a factor in slope stability. Res. Pap., INT 190, Forest Service, U.S. Dep. Of Agric., Ogden, Utah, 1977, 27 pp.
- Carson, M. A., Kirkby, M. J., *Hillslope Form and Process*, Cambridge University Press, Cambridge, 1982, UK.
- Chisci G. & Zanchi C., Fuzione del drenaggio in collina: aspetti idrologici, produttivi e di difesa del suolo (*Annali Istituto sperim. Studio e difesa suolo*, vol. XI., 1980, pp. 285-303).
- Di Fidio M.; I corsi d'acqua- sistemazione naturalistiche e difesa del territorio, Il sole 24 Ore Pirola S.P.A. 1995.
- Endo T. & Tsuruta T., On the effect of tree's roots upon the shearing strength of soil. *Annual Report of the Hokkaido Branch Forest Experiment Station, Sapporo*, 1969, pp. 167-182.
- Fredlund, D. G., Morgestern, N. R., Widger, R. A., "The shear strength of unsaturated soils." *Can. Geotech. J.*, 15(3), 1978, pp.312-321.
- Giasi C.I. , "L'influenza della vegetazione sulla stabilità dei pendii." *Geologica Romana*, 30, 1994, 145-150.
- Gray, D. H., "Role of woody vegetation in reinforcing soils and stabilising slopes.", *Symposium on Soil Reinforcing and Stabilising Techniques*, Sydney, 1978.
- Gray, D. H., Megahan, W. F., "Forest vegetation removal and slope stability in the Idaho Batholith.", *Res. Paper INT-271, Intermountain Forest and Range Experiment Station, Ogden, Utah, USA*, 1981, 23 pp.
- Gray, D. H., Ohashi, H., "Mechanics of fiber reinforcement in sand.", *J. Geotech. Eng. Div., ASCE*, 109(3), 1983, pp. 335-353.
- Gray, D. H., Sotir, R. B., *Biotechnical and soil bioengineering slope stabilization. A practical guide of erosion control*, J. Wiley & Sons, Inc., New York, 1996.
- Greenway D.R., *Vegetation and slope stability*. In M.G.Anderson & K.S.Richards (eds), "Slope Stability", John Wiley & Sons, 1987, pp.187-230.
- Hsi, G., Nath, J. H., "Wind drag within a simulated forest.", *J. Appl. Meteorol.*, 9, 1970, pp.592-602.
- Hudson N.; *Soil conservation*. Cornwell University Press, Ithaca, 1971.
- Katz, D. M., Watts, F. J., Burroughs, E. R., "Effects of surface roughness and rainfall impact on overland flow.", *J. Hydr. Div., ASCE*, 121(7), 1995, pp.546-553.
- Kirkby, M. J., Morgan, R. P.C., *Soil Erosion*, Wiley-Interscience, London and New York, 1980.
- Lohnes, R. A., Handy, R. L., "Slope angles in friable loess.", *J. of Geology*, 76(3), pp.247-258.
- Lumb, P., "The properties of decomposed granite.", *Geotechnique*, vol.12, 1962, pp.226-243.
- Maher, M. H., Gray, D. H., "Static response of sands reinforced with randomly distributed fibers.", *J. Geotech. Eng.*, 116(11),1990, pp.1661-1678.
- Morgan R.P.C. & Rickson R.J.: *Slope stabilization and Erosion control*. Chapman & Hall, 1995.
- Nassif, S. H., Wilson, E. M., "The influence of slope and rain intensity on runoff infiltration.", *Hydrol. Sci. Bull.*, 20(4), 1975, pp.539-553.
- berg, A., Hgsta, L., "Comprehensive slope stability analysis in unsaturated silts and sands", *Geotechnical Site Characterization*, ed. Robertson & Mayne, Rotterdam, 1998.
- Oliva A.; *Le sistemazione dei terreni*. Edagricole, Bologna, 1985 (IV ed.).
- O'Loughlin, C. L., "The effects of timber removal on the stability of forest soils.", *J. Hydrology (New Zealand)*, 13, 1974(a), pp.121-134.
- O'Loughlin, C. L., "A study of tree root strength deterioration following clear felling.", *J. Forest Res.*, 4(1), 1974(b), pp.107-113.
- Patric, J. H. et al., "Soil water absorption by mountain and piedmont forests.", *Soil Sci. Soc. Amer. Proceedings*, 29, pp.303-308.
- Perulli F.; *Le Frane- studio dell'azione dell'acqua in piano, collina, montagna*. Libreria Dario Flaccovio Editrice, 1988 (4a ed.).
- Richards B.G., Peter B. & Emerson W.W. , The effects of vegetation on the swelling and shrinking of soils in Australia. *Geotechnique*, 33(2), 1983, pp.127-139.
- Schewbridge, S. E., Sitar, N., "Deformation-based model for reinforced sand.", *J. Geotech. Eng.*, 116(7), 1990, pp.1153-1170.
- Schewbridge, S. E., Sitar, N., "Deformation characteristics of reinforced sand in direct shear.", *J. Geotech. Eng.*, 115(8), 1989, pp.1134-1147.
- Schiechl H.M. & Stern R.; *Ingegneria naturalistica- manuale delle opere in terra*. Österreichischer Agrarverlag Wien, 1992.
- Schmertmann, J. H., "Measurements of in situ shear strenght.", *Proceedings of the Conference on In Situ Measurement of Soil Properties*, ASCE, 2, 1975, pp.47-138.
- Schroeder, W. L., Alto, J. V., "Soil properties for slope stability analysis; Oregon and Washington Coastal Mountains.", *Forest Sci.*, 29(4), 1983, pp.823-833.
- Selby, M.J., *Hillslope materials and processes*, Oxford University Press, Oxford, 1982, pp.140-144.
- Side, R., C., "A theoretical model of the effects of timber harvesting on slope stability.", *Water Resources Research*, 28(7), 1992, pp.1897-1910.
- Spangler, M. G., Handy, R. L., *Soil Engineering 3rd edn.*, Intext Educational Publishers, New York and London, 1973.
- Swab G.O.; *Soil and water conservation engineering*, John Wiley & Sons, 1981.
- Thorne, C.R., *Vegetation and erosion*, J.B. Thornes ed., 1990, pp.125-144.
- TOMASELLI R., *La vegetazione forestale d'Italia*, ed. Ministero Agricoltura e Foreste, Roma 1973.
- TOMASELLI R., BALDUZZI A., FILIPELLO S., *Carta bioclimatica d'Italia*, ed. Ministero Agricoltura e Foreste, Roma 1973.
- Vanapalli, S. K., Fredlund, D. G., Pufahl, D. E., Clifton, A. W., "Model for the prediction of shear strength with respect to soil suction.", *Can. Geotech. J.*, 33(3), 1996, pp.379-392.
- Wu, T. H., *Investigation of Landslides on Prince of Wales Island*. Geotechnical Engineering Report 5, Civil Engineering Department, Ohio State University , Columbus, Ohio, USA, 1976.
- Wu, T. H., McKinnell, W. P., Swanston, D. N., "Strength of tree roots and landslides on Prince of Wales Island, Alaska.", *Can. Geotech. J.*, 16, 1979, pp.19-33.
- Wu, T. H., Beal, P. E., Lan, C., "In-situ shear test of soil-root systems.", *J. Geotech. Eng.*, 114(12), 1988, pp.1376-1394.
- Wu, T. H., McOmber, R. M., Erb, R. T., Beal, P. E., "Study of soil-root interaction.", *J. Geotech. Eng.*, 114(12), 1988, pp.1351-1375.
- Wu, W., Side, R. C., "A distributed slope stability model for steep forested basins.", *Water Resour. Res.*, 31(8), 1995, pp.2097-2110.
- Zanchi C.; primi risultati sperimentali sull'influenza di differenti colture (frumento, mais, prato) nei confronti del ruscellamento superficiale e dell'erosione. *Annali Istituto sperim. Studio e difesa suolo*, vol. XIV, 1983, pp. 277-288.
- Zanchi C.; drainage as a soil conservation and soil stabilizing practice on hilly slopes. *Soil technology series 1*, Cremlingen 1989, pp. 73-82.
- Zanchi C.; influenza dell'azione battente della pioggia e del ruscellamento nel processo erosivo e variazioni dell'erodibilità del suolo nei diversi periodi stagionali. *Annali Istituto sperim. Studio e difesa suolo*, vol. XIV, 1983, pp. 347-358.
- Zanchi C.; influenza delle cotiche erbose sull ruscellamento superficiale e sull'erosione in differenti condizioni pedoclimatiche, Dipartimento di Agronomia e Produzioni Erbacee dell'Università di Firenze, Estratto da *Agricoltura Ricerca*, n.107 Ismea, Roma.
- Zeh, H., "Definizione, contenuti e obiettivi della bioingegneria naturalistica.", *ACER*, n.6/1990, Corso di aggiornamento "La gestione integrata degli ambiti fluviali.", vol.2, 1991, pp.8-13.

## **Applicazioni significative sul territorio Marchigiano**



## Caratterizzazione dei siti analizzati

Il progetto è stato realizzato per valutare l'applicazione delle tecniche di ingegneria naturalistica in due siti caratteristici degli ambienti delle Marche afflitti dalla crisi sismica del settembre 1997. I siti analizzati sono stati: la frana di Massaprofoglio (Muccia – MC) e l'erosione di sponda sul fiume Giano (Fabriano – AN).

### La frana di Massaprofoglio

L'area in oggetto è ubicata sul versante orientale del Monte Massa (1305 m.s.l.m.), la struttura geologica è rappresentata dalla macroanticlinale dove affiorano i termini delle successione umbro – marchigiana dal Calcere massiccio alla Scaglia cinerea. Parallelamente all'andamento della direzione della macroanticlinale si sviluppa sul suo fianco orientale il sovrascorrimento che rovescia e sovrappone il termini della successione con una inversione cronostratigrafica. Coltri detritiche, anche di notevole spessore, riferibili al Pleistocene med-inf. chiudono verso l'alto le successioni geologiche.

La frana è di tipo scorrimento roto-traslativo, quiescente, di notevole profondità e coinvolge l'intero nucleo abitativo di Massaprofoglio.

Gli interventi di ingegneria naturalistica sono da intendersi in questo caso combinati con tecniche di ingegneria civile volte soprattutto al drenaggio delle acque profonde all'interno del corpo di frana.

**L'utilizzo delle tecniche di ingegneria naturalistica sono state ipotizzate per realizzare:**

- **Drenaggi superficiali con materiale vegetale vivo e canalette in legname**
- Drenaggi semi-superficiali con materiale vegetale morto e inerti
- Piano di riassetto agronomico e gestionale del suolo
- Ampliamento delle fasce arboreo arbustive attraverso una riforestazione con specie autoctone
- Opere puntuali di stabilizzazione di scarpate e drenaggio con tecniche di ingegneria naturalistica (schemi progettuali)
- Interventi complementari per azione preventiva sul corpo di frana
- Piantagione di siepi e di fasce alberate
- Interventi puntuali e limitate per la sistemazione di alcune erosioni localizzate al piede di sponda del fosso nonché soglie trasversali, tramite piccole opere da realizzarsi manualmente senza provocare sbancamenti e modifiche dell'alveo

### L'erosione di sponda sul fiume Giano

L'area in oggetto è ubicata sul fiume Giano ad est della città di Fabriano, l'area è pianeggiante e corrisponde ai depositi alluvionali recenti (Olocene), il fiume assume un andamento marcatamente a meandri con sponde alte impostate sui depositi alluvionali terrazzati del Pleistocene superiore.

L'analisi è consistita appunto nell'ipotizzare gli interventi per far fronte ad una erosione sulla curvatura esterna nel meandro con sponda alta interessata da insediamenti civili e produttivi. La sponda, costituita in maniera pressoché omogenea da clasti allungati e lamellari provenienti dalla degradazione soprattutto delle formazioni geologiche delle Scaglie s.l. appartenenti alla successione umbro – marchigiana, è interessata da dissesti di tipo piccole frane rotazionali e demolizione puntuale di tipo granulo-granulo.

L'utilizzo delle tecniche di ingegneria naturalistica sono state ipotizzate per realizzare:

- Piano di riassetto idraulico-ambientale del tratto
- Recupero area golenale in sinistra, con incremento dell'efficienza di espansione idraulica
- Alleggerimento del fenomeno critico erosivo in destra attraverso lo spostamento dell'alveo verso sinistra e conseguente diminuzione della pendenza della scarpata
- Stabilizzazione, rivestimento vegetale e rivitalizzazione della scarpata destra rimodellata
- Eventuale creazione di un'isola fluviale, corrispondente all'attuale sponda sinistra, e relativo consolidamento con tecniche di ingegneria naturalistica
- Rinaturalizzazione, anche tramite forestazione, dell'area di espansione naturale in sinistra
- Inquadramento delle possibili ipotesi di accordo e gestione con i proprietari dell'area di espansione
- Riconquista della fascia ripariale in sinistra, ove possibile, con rimozione di manufatti abusivi ed eventuali espropri
- Ampliamento della fascia di vegetazione igrofila riparia tramite un allargamento dell'area di esondazione di piena ordinaria e una riforestazione con specie autoctone tipiche di queste formazioni perialveali.
- Riforestazione dell'area golenale con specie autoctone di bosco misto di latifoglie

Ricostituzione di siepi e macchie boscate nelle zone golenali

### 1. Criteri di scelta dei 2 casi di studio

L'individuazione dei siti rappresentativi, per interventi pilota da progettare e realizzare in maniera consustanziale alla redazione del presente manuale, ha privilegiato due ambiti problematici assai diffusi sul territorio regionale:

- 1. situazione di erosione di sponde connessa a necessità di sistemazione del reticolo idrografico di bacini interessati da fenomeni di dissesto anche interagenti o innescati dagli eventi sismici;**
- 2. situazione di dissesto di versanti in area collinare-montana, con fenomeni legati o innescati dagli eventi sismici.**

Il sito rappresentativo prescelto per l'ambito problematico di tipo 1 è un tratto del fiume Giano, nel territorio del comune di Fabriano, nel quale il fiume presenta un'ampia area golenale-riparia in sponda sinistra e un marcato dissesto di carattere erosivo in sponda destra, con scarpate a falesia di notevole altezza e franamenti che possono minacciare abitazioni o aree urbanizzate sovrastanti alla scarpata; in questa situazione sono preminenti gli interventi di tipo intensivo sulla scarpata in erosione e interventi di rinaturalizzazione volti al recupero della fascia di pertinenza fluviale e alla riqualificazione dell'area golenale.

Il sito rappresentativo prescelto per l'ambito problematico di tipo 2 è invece caratterizzato da un versante collinare sovrastante l'abitato di Massaprofoglio e la vallata sottostante di un fosso che è affluente in destra idraulica del torrente S. Angelo, laddove l'elemento di criticità maggiore è la presenza di una paleofrana che i recenti eventi sismici possono rimettere in movimento; in questa situazione diventa preminente la sistemazione estensiva del territorio, con attenzione anche ai possibili benefici che possono derivare da un uso dei terreni agricoli orientato verso la sostenibilità ambientale.

### 2. Inquadramento ambientale dei siti prescelti

Le proposte di intervento prendono le mosse dal quadro conoscitivo che è stato possibile definire sulla base di specifici

sopralluoghi, durante i quali si sono rilevate non solo le problematiche di dissesto ma anche le condizioni ecosistemiche che forniscono al progetto le coordinate di riferimento definendone gli obiettivi di breve periodo. L'esame delle condizioni reali dei luoghi viene ovviamente confrontato con le conoscenze scientifiche e i dati bibliografici che informano sulla condizione potenziale di naturalità dei siti, e che quindi forniscono un orientamento rispetto agli obiettivi di progetto di lungo periodo.

### 2.1. Vegetazione potenziale e bioclina

Il tratto del fiume Giano presso Fabriano oggetto del presente progetto si colloca dal punto di vista bioclimatico in una Sottoregione ipomesaxerica (tipo C) della Regione mesaxerica (senza periodo di aridità) della fascia a CLIMA TEMPERATO, propria dei rilievi collinari. Gli elementi caratterizzanti questa Sottoregione sono le precipitazioni abbondanti (sino a 1200 mm/anno), umidità quasi continua e periodo di aridità molto limitato o quasi assente, con regime sempre sublitoreo delle precipitazioni (Tomaselli, Balduzzi, Filipello, 1973). Secondo la Carta Fitoclimatica della Regione Marche (Biondi, Baldoni e Talamonti, 1995) saremmo nella zona B2 (piano alto collinare del bioclina temperato, come testimoniano le temperature medie (12,6°C) e le precipitazioni medie annue (945 mm) per la stazione di Fabriano.

Il sito collinare di Massaprofoglio si colloca invece in un'area di confine, dal punto di vista bioclimatico, tra la Sottoregione ipomesaxerica di tipo C prima descritta della Regione mesaxerica (senza periodo di aridità), e la Sottoregione temperata fredda di tipo A della Regione axerica fredda (senza periodo di aridità), entrambe della fascia a CLIMA TEMPERATO. Gli elementi caratterizzanti queste due diverse Sottoregioni sono abbastanza distanti in termini di temperature medie annue e relativamente prossimi in termini di andamento delle precipitazioni: nella Sottoregione temperata fredda la curva termica scende infatti al di sotto di 0°C per un periodo di tre-quattro mesi. Le precipitazioni abbondanti, con picchi autunnali (mese più piovoso è novembre) sono invece comuni ad entrambe le Sottoregioni. (Tomaselli, Balduzzi, Filipello, 1973). Secondo la Carta Fitoclimatica della Regione Marche (Biondi, Baldoni e Talamonti, 1995) saremmo in un'area di confine tra le zone B2 (piano alto collinare) e C1 (piano basso montano) del bioclina temperato.

Dal punto di vista della vegetazione potenziale in entrambi i siti siamo in prossimità della fascia *Quercus-Tilia-Acer* (Schmid) e all'interno del climax della roverella, *Quercus pubescens* Willd., e della rovere, *Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl., sottozona 12 a formazioni con dominanza di roverella, di cerro e rovere nei punti a maggiore altitudine.

Le specie arboree caratterizzanti di questa vegetazione sono farnia (*Quercus robur* L.), olmo campestre (*Ulmus minor* Mill.), fraxino (*Fraxinus excelsior* L., *Fraxinus ornus* L.) pioppo bianco e nero (*Populus alba* L. e *Populus nigra* L.), aceri (*Acer campestre* L., *Acer pseudoplatanus* L.), ciliegio (*Prunus avium* L.), carpini (*Carpinus betulus* L., *Ostrya carpinifolia* Scop.), nocciolo (*Corylus avellana* L.), rovere (*Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl.), roverella (*Quercus pubescens* Willd.), cerro (*Quercus cerris* L.) in presenza di favorevoli condizioni edafiche, castagno (*Castanea sativa* Mill.), che trova l'optimum proprio in questo tipo di clima. Le associazioni forestali rientrano dal punto di vista fitosociologico in diversi ordini della classe *Querco-Fagetea* Br.-Bl. et Vlieger 1937 (Tomaselli, 1973), che corrispondono alla

fascia *Quercus-Tilia-Acer* di Schmid.

Secondo la Carta Fitoclimatica della Regione Marche (Biondi, Baldoni e Talamonti, 1995) l'ambito climatico B è caratterizzato dalle formazioni a prevalenza di caducifoglie dell'ordine *Quercetalia pubescentis-petraeae* Klika 1933; nello specifico il sub-ambito B2 (alto collinare) si distingue invece secondo i substrati in due tipi principali, quello dei rilievi calcarei dove l'associazione climatica è *Scutellario columnae-Ostryetum carpinifoliae* Pedrotti, Biondi e Ballelli (1979) e quello dei substrati marnoso-arenacei dove sono presenti sporadici boschi di roverella, talvolta con rare presenze di cerro (*Quercus cerris*). La zona C contigua al sito di Massaprofoglio è caratterizzata invece dalla dominanza di formazioni dell'ordine *Fagetalia sylvaticae* Pawl. 1928, e più in specifico dei boschi di faggio dell'associazione *Polysticho aculeati-Fagetum sylvaticae* Feoli e Lagonegro 1982, che si sviluppano sulle dorsali calcaree al di sopra dei 900-1000 m di quota (Biondi, Baldoni 1996).

Le fasce ripariali lungo le sponde del fiume Giano o del torrente S. Angelo (e suoi tributari) entro il ciglio, presenterebbero in situazione di naturalità una condizione edafica e pedo-climatica ottimale per la vegetazione azonale tipica delle stazioni alluvionali umide, che per la parte forestale corrispondono alle formazioni di ontano (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertner), salici (*Salix alba* L., *Salix purpurea* L., *Salix triandra* L., *Salix elaeagnos* Scop.) o al dominio di altre latifoglie mesofile quali olmo campestre (*Ulmus minor* Mill.), pioppo bianco e nero (*Populus alba* L. e *Populus nigra* L.), acero (*Acer campestre*, L.), nocciolo (*Corylus avellana* L.), ciliegi (*Prunus avium* L. e *Prunus padus* L.).

Queste formazioni forestali possiedono in genere un ricco sottobosco, composto in maniera significativa da specie arbustive quali evonimo (*Euonymus europaeus* L.), ligustro (*Ligustrum vulgare* L.), rovo (*Rubus ulmifolius* L., *Rubus caesius* L.), caprifoglio (*Lonicera caprifolium* L.), vitalba (*Clematis vitalba* L.), edera (*Hedera helix* L.), sanguinello (*Cornus sanguinea* L.), melo selvatico (*Malus sylvestris* Mill.).

### 2.2. Lo stato dell'ambiente

#### FABRIANO

Il sito in comune di Fabriano è caratterizzato da un territorio prevalentemente coltivato e, da un punto di vista naturale, persistono fasce di vegetazione forestale riparia lungo il fiume Giano, siepi e filari con specie arboreo-arbustive.

La vegetazione riparia a ridosso del Giano è costituita da una fascia continua, compresa tra il regime di morbida e di piena ordinaria ed è confinata dagli usi del suolo al di sopra del ciglio in un modo che non consente a pieno lo sviluppo della sua potenzialità. Non vi è un'estrema ricchezza di specie, sono comunque presenti elementi caratteristici di questi ambienti quali: il salice bianco (*Salix alba*), il Pioppo nero (*Populus nigra*), l'evonimo (*Euonymus europaeus*), il sanguinello (*Cornus sanguinea*) e il Rovò (*Rubus ulmifolius*). In alcuni punti l'ampia copertura a rovo e vitalba testimonia una situazione ecotonale piuttosto forte determinata dalla ristrettezza della fascia. Inoltre questa situazione favorisce l'ingresso di elementi più ruderali, quali il sambuco (*Sambucus nigra*), presente un po' ovunque, e di specie indesiderate alloctone.

Le siepi sono caratterizzate da roverelle (*Quercus pubescens*) e da poche altre specie di piante autoctone come sanguinello (*Cornus sanguinea*), rosa selvatica (*Rosa canina*) e sambuco (*Sambucus nigra*).

Questa situazione ambientale caratterizzata dalla presenza di coltivi e da ambienti naturali mediamente di limitate dimensioni e in molti casi frammentati è testimoniata anche dalle popolazioni animali presenti. L'utilizzo di alcuni gruppi di invertebrati, che presentano numerose specie nel territorio italiano e distribuite in molti ambienti diversi, consente considerazioni di carattere ecologico. In questo caso durante i sopralluoghi sono stati ricercati molluschi terrestri. A Fabriano si è rilevata una discreta ricchezza di specie, comuni e piuttosto diffuse. Prevalgono le specie di bosco favorite dalle fasce di vegetazione riparia arborea e dalle siepi che consentono il mantenimento di condizioni sufficienti per la loro presenza (*Carychium minimum*, *Cepea nemoralis*, *Cecilioides acicula*, *Chilostoma planospira*, *Cochlodina incisa*, *Discus rotundatus*, *Euconulus fulvus*, *Helix ligata*, *Hygromia cinctella*, *Macrogastra lineolata*, *Platyla polita*, *Puncum pygmaeum*, *Truncatellina cylindrica*, *Virea subrimata*). Vi sono però anche elementi che evidenziano una certa monotonizzazione dell'ambiente; si tratta di molluschi non particolarmente esigenti, ampiamente diffusi e che prediligono ambienti aperti (*Cantareus aspersus*, *Pomatias elegans*, *Monacha cantiana*, *Rumina decollata*, *Cerņuella cisalpina*, *Cerņuella neglecta*).

#### MASSAPROFOGLIO

Nel sito di Massaprofoglio l'ambiente è caratterizzato da pascoli e coltivi intervallati da fasce e macchie di vegetazione arboreo-arbustiva caratterizzate dalla presenza di Roverella (*Quercus pubescens*), Carpinello (*Ostrya carpinifolia*), Acero campestre (*Acer campestre*), Acero di monte (*Acer pseudopla-*

*tanus*), Ginepro (*Juniperus communis*), Ginestre, Rovi (*Rubus ulmifolius*). Si tratta di formazioni ascrivibili ai *Quercetalia pubescentis*, boschi caducifogli termofili caratterizzati dalla presenza di Roverella. La relativa ristrettezza delle fasce e il prolungato e storico utilizzo di queste formazioni (spesso governate a ceduo) da parte dell'uomo hanno determinato una situazione non del tutto stabile, con collegamenti seriali con la vegetazione erbacea dei coltivi e degli incolti. La parte a valle è caratterizzata da un corso d'acqua, incassato in una stretta vallecchia, che si allarga in alcuni punti consentendo lo sviluppo di una tipica vegetazione riparia. Anche i molluschi terrestri osservati evidenziano la prevalenza di formazioni boschive, tanto che 8 delle 12 specie sono tipiche di questi ambienti (*Acanthinula aculeata*, *Carychium minimum*, *Cecilioide acicula*, *Euconulus fulvus*, *Helix ligata*, *Puncum pygmaeum*, *Truncatellina cylindrica*, *Virea subrimata*); le altre specie sono legate ad ambienti aperti, quali prati o incolti (*Hohenwartiana hohenwarti*, *Monacha cantiana*, *Rumina decollata*).

#### 3. Modalità di intervento e opere tipo di rinaturalizzazione

Le proposte d'intervento ricalcano alcuni principi che si rifanno alla *restoration ecology*, e in particolare agli interventi di rinaturalizzazione. Si tratta di un termine spesso utilizzato sotto diversi significati e per questo s'intende riprendere alcune delle definizioni più comuni e indicare come viene inteso in questo lavoro. Parte dei termini di seguito riportati sono ripresi da "Principles of conservation biology" (G.K.Meffe, C.R.Carroll, 1994): "Restoration" (rinaturalizzazione) - Il termine restauro (*restore*) significa "riportare...all'origine o allo stato originario" (Webster's New

#### Tabella molluschi terrestri

Nella tabella sono indicate le specie rilevate nei siti di Fabriano e Massa Profoglio. È indicata la distribuzione (geonemia) di ogni specie e l'habitat caratteristico.

SPECIE	Geonemia	Habitat	Fabriano	Massa P.
<i>Acanthinula aculeata</i>	OLA	Boschi di latifoglie. Nella lettiera		X
<i>Chilostoma planospira</i>	Appennino	Specie igrofila, vive in campi, prati, boschi.	X	
<i>Cantareus aspersus</i>	W EUMED	Specie ruderale. Vive in campi, incolti e giardini.	X	
<i>Carychium tridentatum</i>	EU	Specie igrofila. Nella lettiera di boschi.	X	X
<i>Cecilioides acicula</i>	CASEUMED	Vive nella lettiera di boschi	X	X
<i>Cepea nemoralis</i>	EU	Boschi, siepi, incolti, giardini, orti.	X	
<i>Cerņuella cisalpina</i>	MED	Su vegetazione erbacea	X	
<i>Cerņuella neglecta</i>	C SEU	Specie xerofila su vegetazione erbacea	X	
<i>Cochlodina incisa</i>	Appennino	Boschi e boscaglie di latifoglie. Nella lettiera	X	
<i>Discus rotundatus</i>	EU	Boschi di latifoglie nella lettiera, sotto le cortecce, sotto le pietre	X	
<i>Euconulus fulvus</i>	OLA	Nei boschi di latifoglie, nella lettiera, sotto rocce e muschi.	X	X
<i>Helix ligata</i>	Appennino	Boschi e boscaglie di latifoglie, anche lungo i corsi d'acqua	X	X
<i>Hohenwartiana hohenwarti</i>	MED	Vive nei prati	X	
<i>Hygromia cinctella</i>	C SEU	Boschi, boscaglie, siepi su vegetazione erbacea	X	
<i>Monacha cantiana</i>	EU	Vive in ambienti aperti, lungo argini e corsi d'acqua.	X	X
<i>Macrogastra lineolata</i>	EU	Boschi e boscaglie mesofile di latifoglie.	X	
<i>Platyla polita</i>	EU	Boschi di latifoglie. Nella lettiera	X	
<i>Pomatias elegans el</i>	EUMED	Specie calciofila ruderale	X	X
<i>Puncum pygmaeum</i>	OLA	Nella lettiera di boschi di latifoglie	X	X
<i>Pyramidula rupestris</i>	EU MED	Su rocce e superfici esposte al sole.	X	
<i>Rumina decollata</i>	MED	Vive su terreni e rocce calcaree	X	X
<i>Truncatellina cylindrica</i>	SEU	Nella lettiera di boschi, boscaglie e siepi	X	X
<i>Virea subrimata</i>	C SEU	Boschi e siepi nella lettiera.	X	X

Legenda: OLA = olearica; EU = europea; SEU = sudeuropea; MED = mediterranea; CASEUMED = centro asiatico-europeo-mediterranea; C = centro; W = ovest

Collegiate Dictionary 1977). Il restauro ecologico (*ecological restoration*) significa applicare tale azione ad un sistema ecologico. Restoration è considerata spesso una forma distinta di gestione ambientale, differente dalla "salvaguardia", "conservazione" o "gestione" stessa. Non c'è una netta distinzione tra queste forme di manipolazione. Tutte tendono a compensare gli effetti ecologici dovuti ad alterazioni causate dalle attività umane.

"Rehabilitation" (rivitalizzazione) - Questo è un termine ad ampio significato, che può essere usato per spiegare i tentativi di ripristinare elementi di strutture o funzioni di un sistema ecologico, senza necessariamente cercare di raggiungere completamente il suo "restauro" (*restoration*) come specifica condizione prioritaria; per esempio la messa a dimora di piante in un sito preventivamente eroso.

"Reclamation" (bonifica) - Questo termine è tipicamente riferito al ripristino di aree fortemente degradate, ad esempio da attività minerarie. Attraverso il lavoro di bonifica si possono avere piccole ricadute di rinaturazione in senso pieno (non è raggiunta una copia dell'ambiente originario): è un primo stadio verso il ripristino di un più naturale ecosistema. Sfortunatamente le discipline della bonifica e della rinaturazione si sono sviluppate più o meno indipendentemente, e solo recentemente hanno raggiunto un significato tra loro ricorrente.

"Ecological recovery" (ripresa ecologica). - La ripresa è lasciata solo all'evoluzione del sistema, generalmente nella speranza che si ripristino le caratteristiche desiderate attraverso la successione naturale. Questo approccio di ordine zero alla rinaturazione può funzionare o meno. Si tratta del miglior recupero, se sussistono le condizioni, e a volte i "restorationist" cercano semplicemente di aiutare o accelerare il processo naturale.

Nel presente lavoro la rinaturazione, è intesa come l'insieme degli interventi e delle azioni atte a ripristinare le caratteristiche ambientali e la funzionalità ecologica di un ecosistema in relazione alle sue condizioni potenziali, determinate dalla sua ubicazione geografica, dal clima, dalle caratteristiche geologiche e geomorfologiche del sito e dalla sua storia naturale pregressa. La rinaturazione può essere estrema, con l'obiettivo di ripristinare le condizioni naturali preesistenti di un'area, come può essere realizzata in funzione di obiettivi intermedi o specifici (es. ripristino della capacità di laminazione, riduzione della velocità di corrivazione, recupero della capacità autodepurativa, salvaguardia di specie di particolare pregio...).

La rinaturazione non va confusa con gli interventi di minimizzazione ambientale o d'inserimento paesaggistico, in quanto ciò che differenzia sostanzialmente un intervento di rinaturazione con uno di minimizzazione è l'obiettivo principale: nella rinaturazione è il ripristino di caratteristiche ambientali (riqualificazione di un bosco o di una zona umida, reintroduzioni di specie, interventi su habitat o specie rare, azioni di contenimento di specie alloctone infestanti...) o della funzionalità ecologica (recupero della capacità di esondazione, ripristino della continuità ecologica, recupero della capacità autodepurativa di un corso d'acqua...), mentre la minimizzazione dell'impatto ambientale (che può avvenire con tecniche d'ingegneria naturalistica o d'inserimento paesaggistico di vario genere) è soprattutto volta a ridurre l'impatto ambientale o a migliorare l'inserimento paesaggistico di opere o interventi che hanno finalità diverse (es. il consolidamento di una scarpata con tecniche d'ingegneria naturalistica ha uno scopo prevalente ben preciso - il consolidamento appunto - e non necessariamente un obiettivo di rinaturazione, ma è evidente che è meglio farlo con tecniche che consentono

un inserimento ambientale adeguato, lo sfruttamento delle caratteristiche biologiche dei materiali vivi usati...).

Sono state così individuate tipologie d'intervento che favoriscono prevalentemente il recupero della funzionalità ecologica (allargamento dell'area di esondazione, costituzione di siepi e filari, riqualificazione della vegetazione erbacea, riqualificazione delle zone a monte delle briglie in legno) o il ripristino di caratteristiche ambientali (riqualificazione della fascia vegetazionale arboreo-arbustiva riparia, formazione di habitat per uccelli, formazione di zone umide perifluviali, riforestazioni).



Fabriano



Massaprofoglio

## FABRIANO



Fiume Giano ripreso dalle piazzole minacciate dal fenomeno erosivo; visibile l'ampia area di golena in sinistra



Fiume Giano evidenti pareti a falesia causate dai fenomeni erosivi.



Dettaglio delle scarpate in erosione prive di copertura vegetazionale.



Fiume Giano. Fabbricati e piazzali in prossimità dell'erosione. L'arretramento del ciglio, necessario per la sistemazione non può quindi essere consistente.

## MASSAPROFOGLIO



Affluente in destra del torrente S. Angelo; visibile l'alveo relativamente stabile.



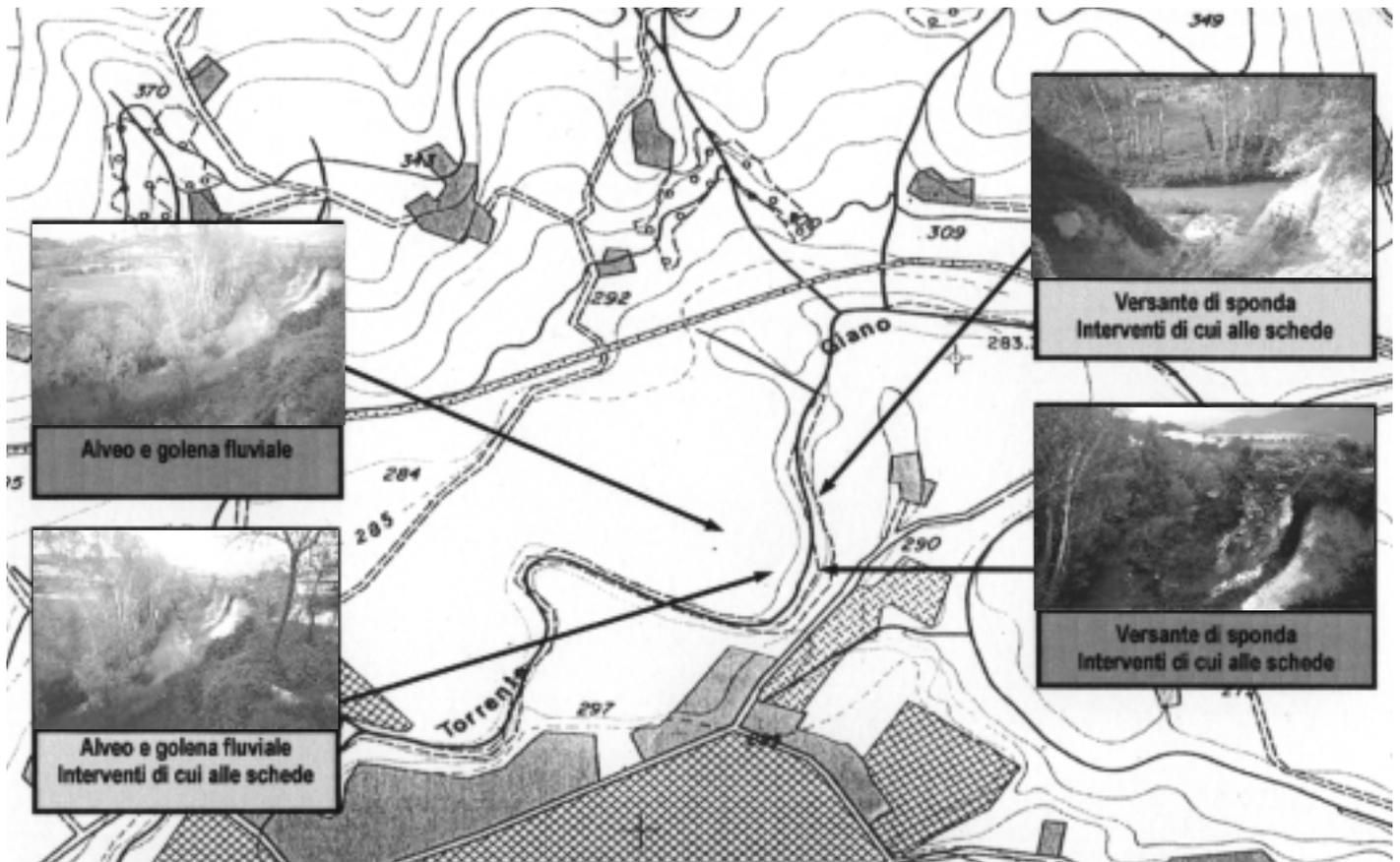
Affluente in destra del torrente S. Angelo; visibile, sulla destra, una lunata di erosione determinata dal ruscellamento delle acque meteoriche



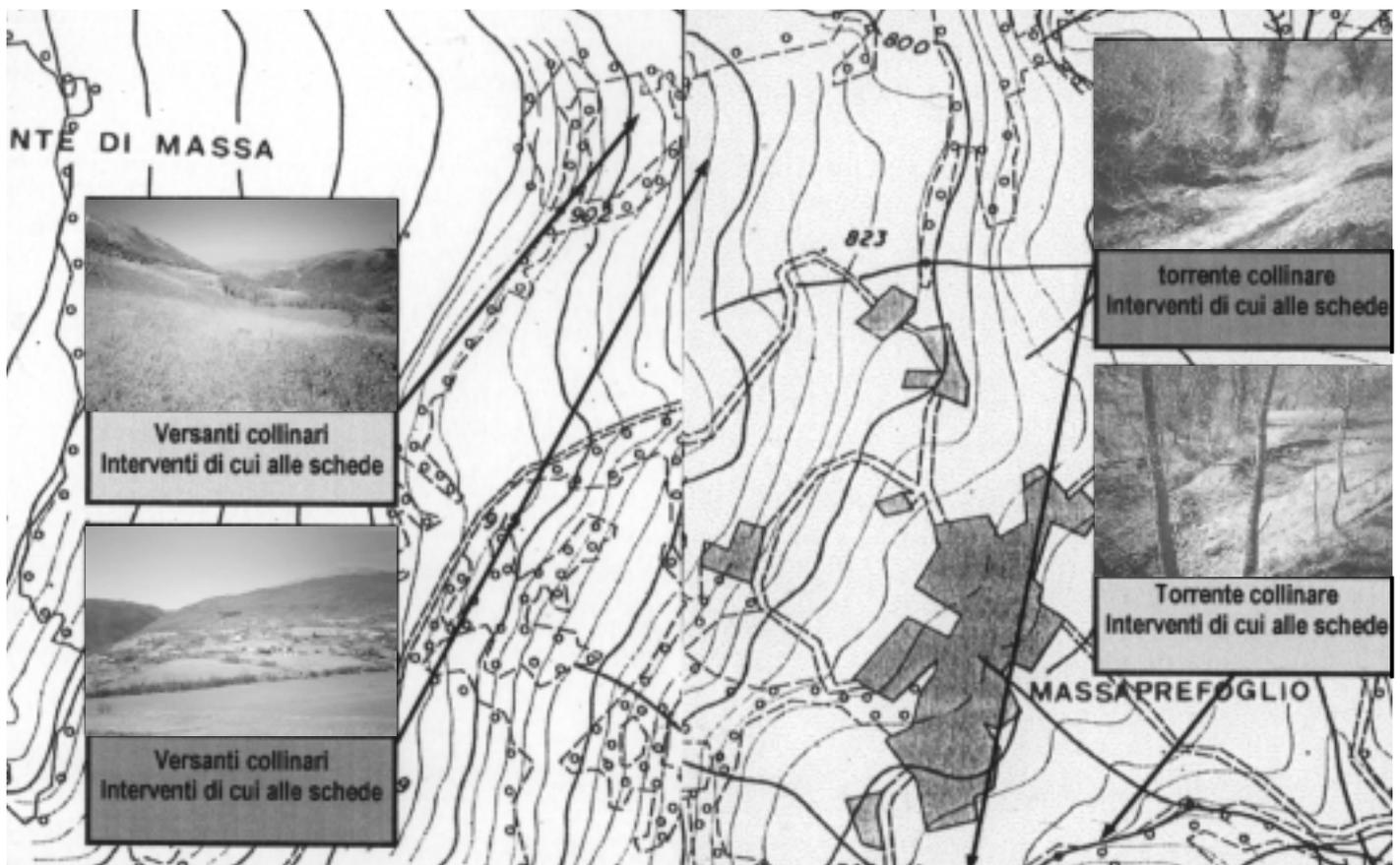
Zona collinare (paleofrana) al di sopra dell'abitato di Massaprofoglio; si nota un'area incolta d'arbusteto, che svolge un ruolo positivo dal punto di vista dell'assetto idrogeologico.



Massaprofoglio-Panoramica; sono visibili ampie estensioni a seminativo, le quali sono state private di un adeguato reticolo di drenaggio.



Fabriano



Massaprefoglio

## **Schede Tecniche**

### **Schede: interventi di rinaturalizzazione**



## TECNICA 1

### Esempio di sistemazione di erosioni da ruscellamento tramite opera trasversale in fascinata

Studio e ricerca di nuove metodologie in materia di difesa del suolo e miglioramento ambientale:  
proposta per l'attuazione di interventi pilota - Legge N.61/98

#### Regione Marche – WWF Italia: Linee guida siti rappresentativi: Massaprofoglio

**OBIETTIVI DELL'INTERVENTO:** *stabilizzazione dell'alveo e protezione dall'erosione delle sponde di piccoli fossi incassati, sistemazione di incisioni di versante di ridotte dimensioni.*

**Ambiti di intervento:** regolarizzazione del profilo di fondo dei canali di drenaggio di versante di nuova costruzione al di sopra dell'abitato, sistemazione dei fossi tributari e dell'affluente in destra del torrente S. Angelo, in situazioni accessibili in prossimità da mezzi meccanici o con disponibilità in sito di tronchi utilizzabili come paleria (p. es. da alberi morti in piedi o da impianti forestali da diradare).

**Tecniche impiegabili:** soglia filtrante in tronchi vivi di salicacee o paleria di castagno, rivestimento in pietrame del fondo della vasca di dissipazione, inerbimento con eventuale semina di arboree protetto da biostuoie sulle scarpate alterate a monte e a valle, piantagioni arboree ed arbustive sui versanti.

**Aree interessate dai lavori:** alveo a valle e a monte della soglia, piede di sponda, versanti immediatamente a ridosso.

**Specie vegetali impiegabili:** Salix alba, Salix purpurea, Salix elaeagnos, Populus nigra, per palizzata viva in situazioni con disponibilità idrica, Quercus pubescens, Prunus avium, Fraxinus ornus per le piantagioni arboree, Spartium junceum, Rhamnus alaternus, Pyrus piraster, Prunus spinosa, Cornus sanguinea, Evonymus europaeus, Rosa canina, Acer campestre, Crataegus oxyacantha per le piantagioni arbustive; inerbimento con fiorume locale o con Lolium spp., o con Hedysarum coronarium.

**Materiali necessari:** talee vive (eventualmente) • ramaglia morta • paleria di castagno • filo di ferro zincato • biostuoia (eventualmente) • piante radicate da forestazione

**Modalità di esecuzione:** in primo luogo si deve provvedere alla riprofilatura delle sponde, quindi si dispone il tronco trasversale al letto, ben fondato nelle sponde (ove i pali verticali non possano essere fondati in profondità per presenza di roccia o scogli, è opportuno prevedere almeno un altro tronco trasversale più basso), quindi si infiggono i pali verticali battendoli con mazza, ed una volta inseriti nel terreno li si lega ai tronchi trasversali con filo di ferro zincato; quindi, si edificano con altri pali picchettati al terreno delle "ali" alla soglia a ricucitura con il versante, per invito alle acque meteoriche e per evitare aggiramento dell'opera; poi, si edificano con paleria viva o morta delle difese spondali in palizzata a valle ed a monte dell'opera; infine, si provvede all'inerbimento con biostuoia delle superfici alterate o decoticate ed alla piantagione delle specie arboree ed arbustive.

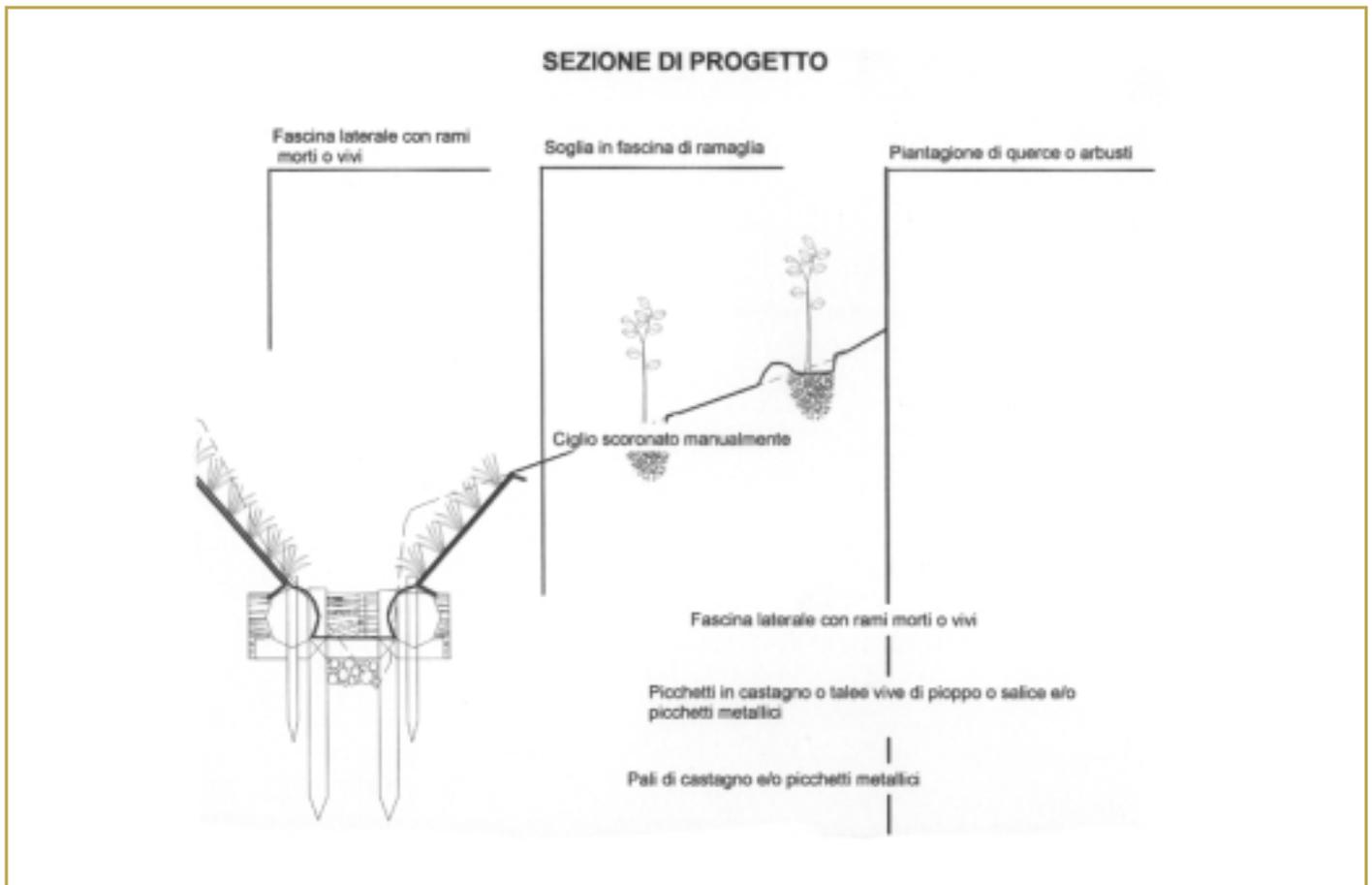
**Condizioni e limiti dell'intervento:** le tecniche utilizzate si prestano ottimamente per la regolarizzazione dell'alveo in fossi incassati, con sponde costituite da materiale sciolto, meglio se da terreno vegetale; nel caso di fondo alveo naturale in su formazione lapidea o sedimento molto grossolano diviene problematica la fondazione dei pali verticali, nel qual caso si raddoppia il tronco trasversale; l'intervento può essere completamente manuale, purché la paleria pesante e i tronchi trasversali siano reperibili in loco da taglio o siano trasportabili in vicinanza; si presta bene nella parte montana dei bacini, in situazioni nelle quali il profilo deve essere regolarizzato tramite innalzamenti sensibili del fondo alveo e non sono sufficienti soglie in fascina.

**Evoluzione dell'intervento:** considerando la ridotta disponibilità idrica nei fossi appenninici, non sempre si può pensare a palizzate vive, che originerebbero nel caso macchie arboreescenti a salicacee nel fondo alveo; si può anche puntare alla formazione di una fascia arbustiva-arborea a vegetazione di macchia o di margine boschivo nella parte dei versanti immediatamente superiore all'intervento; in alvei con fondo sciolto e portate non troppo discontinue si può ipotizzare di utilizzare paleria di salicacee per ottenere col tempo una soglia filtrante viva, che in caso di attecchimento può originare robuste alberature; le piantagioni di versante ricostruiranno sul lungo periodo una querceta mista con sottobosco arbustivo costituito dalle specie arbustive di margine.

**Aspetti manutentivi:** poiché si tratta di tecniche da utilizzare sull'alto bacino dei corsi d'acqua, in ambito forestale non urbanizzato, non si ravvede la necessità di interventi manutentivi della vegetazione; è da prevedersi un intervento di ripristino ove nell'arco dei primi tre anni l'opera trasversale in paleria si danneggi o mostri una eccessiva permeabilità (eventualmente addossando ramaglia legata alla palizzata verticale); successivamente, le condizioni di contorno (inerbimento, arbusti, stabilizzazione alveo) dovrebbero rendere del tutto superfluo intervenire.

**Commenti:** l'intervento è relativamente "leggero" sia per quel che riguarda i costi sia per quel che riguarda l'impatto di cantiere, ed è abbastanza flessibile. Non è proponibile su fossi con portate troppo elevate o con larghezza alveo >2 ml.

**COSTI DELLE TECNICHE UTILIZZATE:** briglia in palizzata larghezza in testa 2-4 ml a corpo L 630.000  
(Decreto Giunta Regionale Marche n° 140 del 6/5/1999) inerbimento a spaglio L/mq 800  
inerbimento protetto da biostuoia in juta L/mq 11.000  
piantagioni arboree ed arbustive escluso pianta L/cad 4.300



Sezione tipo di progetto



Esempio applicativo (progetto IRIS in fase di costruzione Borro Buca dei Ladri, 1998 Fi)

## TECNICA 2

### Esempio di sistemazione di erosioni da ruscellamento tramite opera trasversale in palizzata

Studio e ricerca di nuove metodologie in materia di difesa del suolo e miglioramento ambientale:  
proposta per l'attuazione di interventi pilota - Legge N.61/98

#### Regione Marche – WWF Italia: Linee guida siti rappresentativi: Massaprofoglio

**OBIETTIVI DELL'INTERVENTO:** *stabilizzazione dell'alveo e protezione dall'erosione delle sponde di piccoli fossi incassati, sistemazione di incisioni di versante di ridotte dimensioni.*

**Ambiti di intervento:** regolarizzazione del profilo di fondo dei canali di drenaggio di versante di nuova costruzione al di sopra dell'abitato, sistemazione dei fossi tributari e dell'affluente in destra del torrente S. Angelo, in situazioni accessibili in prossimità da mezzi meccanici o con disponibilità in sito di tronchi utilizzabili come paleria (p. es. da alberi morti in piedi o da impianti forestali da diradare).

**Tecniche impiegabili:** soglia filtrante in tronchi vivi di salicacee o paleria di castagno, rivestimento in pietrame del fondo della vasca di dissipazione, inerbimento con eventuale semina di arboree protetto da biostuoie sulle scarpate alterate a monte e a valle, piantagioni arboree ed arbustive sui versanti.

**Aree interessate dai lavori:** alveo a valle e a monte della soglia, piede di sponda, versanti immediatamente a ridosso.

**Specie vegetali impiegabili:** Salix alba, Salix purpurea, Salix elaeagnos, Populus nigra, per palizzata viva in situazioni con disponibilità idrica, Quercus pubescens, Prunus avium, Fraxinus ornus per le piantagioni arboree, Spartium junceum, Rhamnus alaternus, Pyrus piraster, Prunus spinosa, Cornus sanguinea, Evonymus europaeus, Rosa canina, Acer campestre, Crataegus oxyacantha per le piantagioni arbustive; inerbimento con fiorume locale o con Lolium spp., o con Hedysarum coronarium.

**Materiali necessari:** • talee vive (eventualmente) • paleria viva di salici o di castagno per pali verticali e per ali • paleria di castagno per ali • 1 o 2 tronchi trasversali diam. 15-25 cm di castagno • filo di ferro zincato • biostuoia • piante radicate da forestazione

**Modalità di esecuzione:** in primo luogo si deve provvedere alla riprofilatura delle sponde, quindi si dispone il tronco trasversale al letto, ben fondato nelle sponde (ove i pali verticali non possano essere fondati in profondità per presenza di roccia o scogli, è opportuno prevedere almeno un altro tronco trasversale più basso), quindi si infiggono i pali verticali battendoli con mazza, ed una volta inseriti nel terreno li si lega ai tronchi trasversali con filo di ferro zincato; quindi, si edificano con altri pali picchettati al terreno delle "ali" alla soglia a ricucitura con il versante, per invito alle acque meteoriche e per evitare aggiramento dell'opera; poi, si edificano con paleria viva o morta delle difese spondali in palizzata a valle ed a monte dell'opera; infine, si provvede all'inerbimento con biostuoia delle superfici alterate o decotate ed alla piantagione delle specie arboree ed arbustive.

**Condizioni e limiti dell'intervento:** le tecniche utilizzate si prestano ottimamente per la regolarizzazione dell'alveo in fossi incassati, con sponde costituite da materiale sciolto, meglio se da terreno vegetale; nel caso di fondo alveo naturale in su formazione lapidea o sedimento molto grossolano diviene problematica la fondazione dei pali verticali, nel qual caso si raddoppia il tronco trasversale; l'intervento può essere completamente manuale, purché la paleria pesante e i tronchi trasversali siano reperibili in loco da taglio o siano trasportabili in vicinanza; si presta bene nella parte montana dei bacini, in situazioni nelle quali il profilo deve essere regolarizzato tramite innalzamenti sensibili del fondo alveo e non sono sufficienti soglie in fascina.

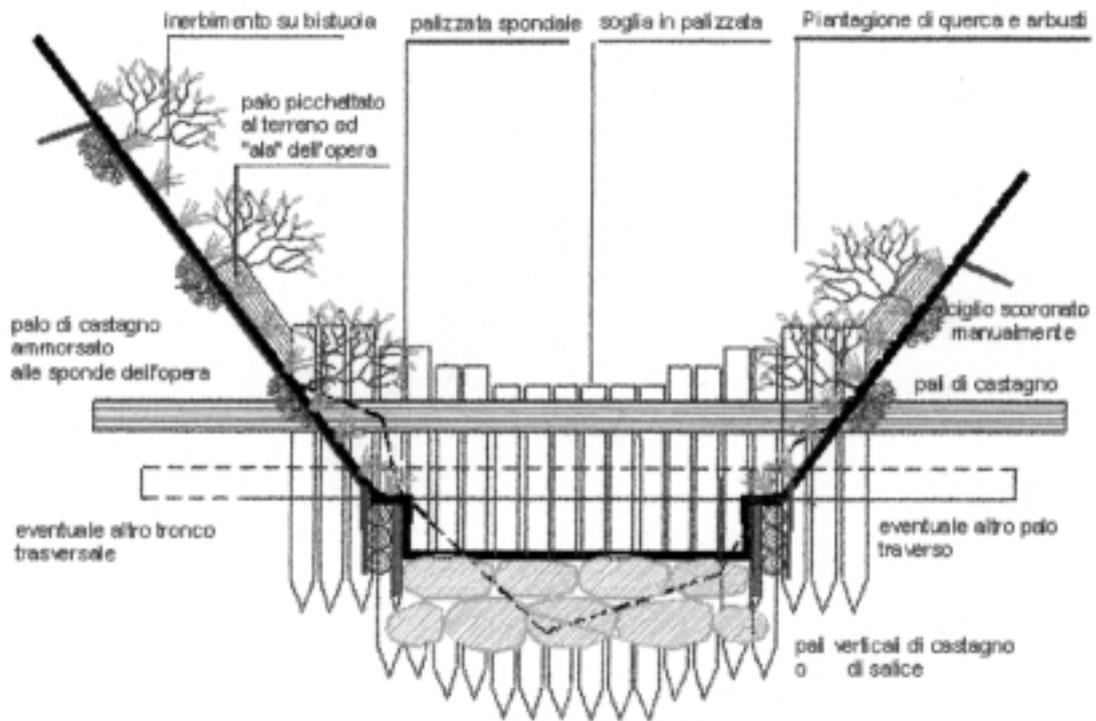
**Evoluzione dell'intervento:** considerando la ridotta disponibilità idrica nei fossi appenninici, non sempre si può pensare a palizzate vive, che originerebbero nel caso macchie arboree a salicacee nel fondo alveo; si può anche puntare alla formazione di una fascia arbustiva-arborea a vegetazione di macchia o di margine boschivo nella parte dei versanti immediatamente superiore all'intervento; in alvei con fondo sciolto e portate non troppo discontinue si può ipotizzare di utilizzare paleria di salicacee per ottenere col tempo una soglia filtrante viva, che in caso di attecchimento può originare robuste alberature; le piantagioni di versante ricostruiranno sul lungo periodo una querceta mista con sottobosco arbustivo costituito dalle specie arbustive di margine.

**Aspetti manutentivi:** poiché si tratta di tecniche da utilizzare sull'alto bacino dei corsi d'acqua, in ambito forestale non urbanizzato, non si ravvede la necessità di interventi manutentivi della vegetazione; è da prevedersi un intervento di ripristino ove nell'arco dei primi tre anni l'opera trasversale in paleria si danneggi o mostri una eccessiva permeabilità (eventualmente addossando ramaglia legata alla palizzata verticale); successivamente, le condizioni di contorno (inerbimento, arbusti, stabilizzazione alveo) dovrebbero rendere del tutto superfluo intervenire.

**Commenti:** l'intervento è relativamente "leggero" sia per quel che riguarda i costi sia per quel che riguarda l'impatto di cantiere, ed è abbastanza flessibile. Non è proponibile su fossi con portate troppo elevate o con larghezza alveo >2 ml.

**COSTI DELLE TECNICHE UTILIZZATE:** briglia in palizzata larghezza in testa 2-4 ml a corpo L 630.000  
(Decreto Giunta Regionale Marche n° 140 del 6/5/1999) inerbimento a spaglio L/mq 800  
inerbimento protetto da biostuoia in juta L/mq 11.000  
piantagioni arboree ed arbustive escluso pianta L/cad 4.300

## SEZIONE TIPO DI PROGETTO (vista da valle)



Sezione tipo di progetto (vista da valle)



Esempio applicativo (Progetto IRIS Borro Buca dei Ladri, 1998 - FI)

### TECNICA 3

#### Esempio di sistemazione di fossi incassati tramite piccola soglia in palizzata orizzontale

Studio e ricerca di nuove metodologie in materia di difesa del suolo e miglioramento ambientale:  
proposta per l'attuazione di interventi pilota - Legge N.61/98

#### Regione Marche – WWF Italia: Linee guida siti rappresentativi: Massaprofoglio

**OBIETTIVI DELL'INTERVENTO:** *stabilizzazione dell'alveo e protezione dall'erosione delle sponde di piccoli fossi incassati o scoline, sistemazione di piccoli corsi d'acqua o di incisioni di versante di ridotte dimensioni.*

**Ambiti di intervento:** regolarizzazione del profilo di fondo dei canali di drenaggio di versante di nuova costruzione al di sopra dell'abitato, sistemazione dei fossi tributari dell'affluente in destra del torrente S. Angelo, in situazioni accessibili in prossimità da mezzi meccanici o con disponibilità in sito di tronchi utilizzabili come paleria (p. es. da alberi morti in piedi o da impianti forestali da diradare).

**Tecniche impiegabili:** soglia di fondo in tronchi vivi di salici o paleria di castagno, inerbimento (con eventuale semina di arboree e protezione da biostuoie) sulle scarpate alterate a monte e a valle, piantagioni arboree ed arbustive sul versante superiore.

**Aree interessate dai lavori:** alveo a valle e a monte della soglia, piede di sponda, versanti immediatamente a ridosso.

**Specie vegetali impiegabili:** Salix alba, Salix purpurea, Salix elaeagnos, Populus nigra per palizzata viva in situazioni con disponibilità idrica, Quercus pubescens, Prunus avium, Fraxinus ornus per le piantagioni arboree, Spartium junceum, Pyrus piraster, Prunus spinosa, Rhamnus alaternus, Acer campestre, Cornus sanguinea, Evonymus europaeus, Rosa canina, Crataegus oxyacantha per le piantagioni arbustive; inerbimento con fiorume da sfalcio locale o con Lolium spp. o con Hedysarum coronarium.

**Materiali necessari:** talee vive (eventualmente) • paleria viva di salici o di castagno per i picchetti e per le ali • da 2 a 6 tronchi trasversali diam. 15-25 cm di castagno • picchetti metallici (eventuali) • filo di ferro zincato • ramaglia fine morta (meglio se di conifere) • biostuoia (eventuale) • piante radicate da forestazione

**Modalità di esecuzione:** in primo luogo si deve provvedere alla riprofilatura delle sponde, quindi si dispongono i tronchi trasversali in alveo, ben fondati nelle sponde, poi si piantano i picchetti verticali in profondità (almeno 30-60 cm di fondazione a seconda che i tronchi siano 1 o 2); ove i pali verticali non possano essere fondati in profondità per presenza di roccia o scogli, è opportuno prevedere l'utilizzo di picchetti in acciaio (tondino diam 12-16 mm con punta a taglio); i picchetti verticali si infiggono con pattipalo (in luoghi accessibili a mezzi meccanici) o manualmente battendoli con mazza (utilizzando nel caso del legno un coprimazza per evitare spacchi), ed una volta inseriti nel terreno li si lega ai tronchi trasversali con filo di ferro zincato; quindi, si edificano con altri pali sdraiati sul suolo e picchettati al terreno delle "ali" alla soglia a ricucitura con il versante, per invito alle acque meteoriche e per evitare aggiramento dell'opera; infine, si colloca a monte della paleria ramaglia fine (ottimale quella di pino), si risagoma il terreno e si provvede all'inerbimento delle superfici alterate o decotate ed alla piantagione delle specie arboree ed arbustive.

**Condizioni e limiti dell'intervento:** le tecniche utilizzate si prestano ottimamente per ripristinare versanti erosi da solchi di incisione, per regolarizzare l'alveo in piccoli fossi incassati, con sponde costituite da materiale sciolto, meglio se da terreno vegetale; nel caso di fondo alveo naturale in scogli diviene problematica la fondazione dei picchetti verticali, nel qual caso si utilizzano picchetti in acciaio; l'intervento può essere completamente manuale, purché i tronchi trasversali siano reperibili in loco da taglio o siano trasportabili in vicinanza; si presta bene nella parte montana dei bacini, in situazioni di ruscellamenti su versanti denudati o privi di adeguata copertura forestale.

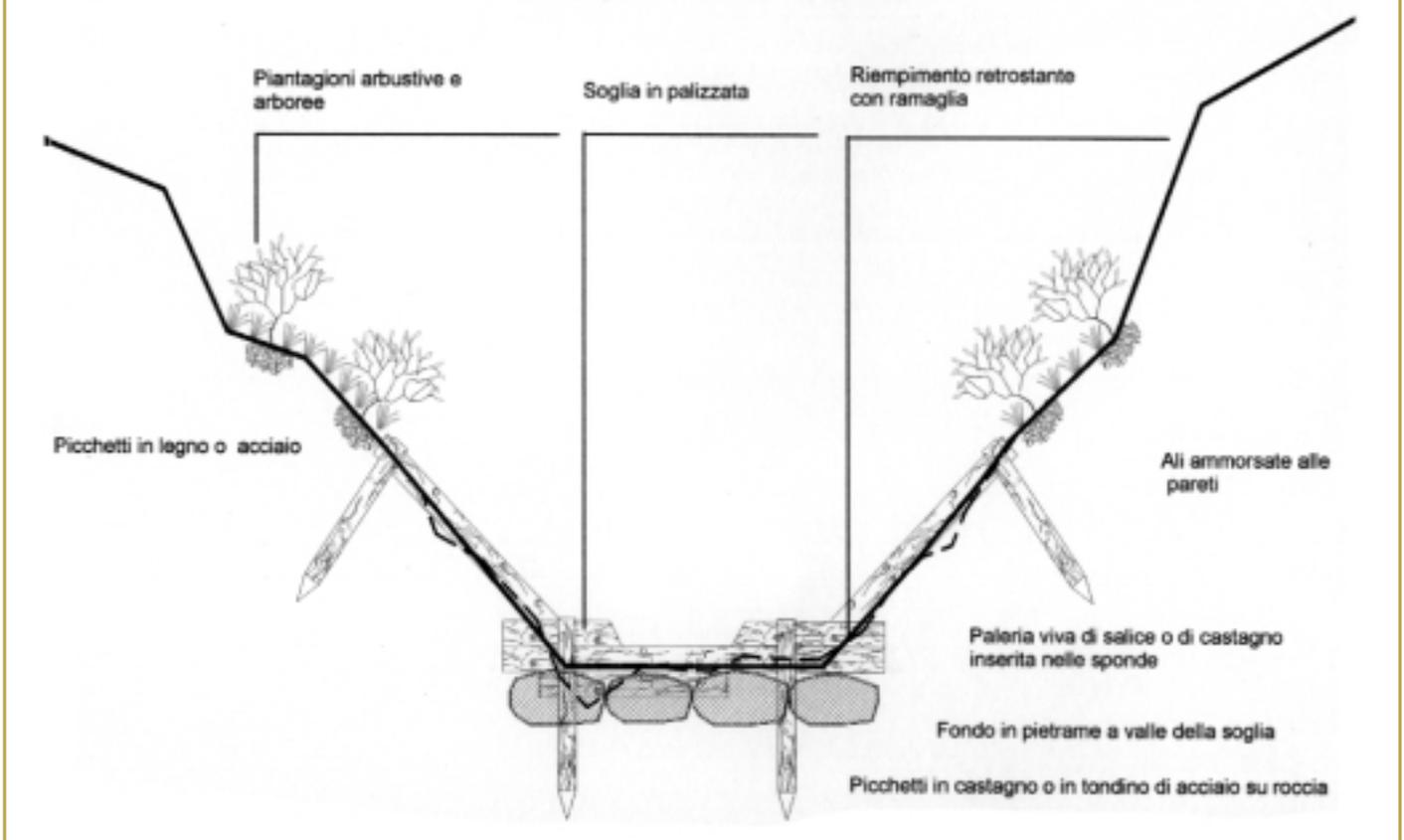
**Evoluzione dell'intervento:** considerando la scarsa disponibilità idrica nei fossi appenninici, ed il fatto che si interviene qui su incisioni di versante in calanchi più che su veri e propri corsi d'acqua, pare poco realistico pensare a palizzate vive, che originerebbero nel caso macchie arborescenti a salicacee nel fondo alveo; si ritiene più realistico puntare alla formazione di una fascia arbustiva-arborea a vegetazione di macchia o di margine boschivo nella parte dei versanti calanchivi immediatamente superiore all'intervento; in alvei con fondo sciolto e portate non troppo discontinue si può ipotizzare di utilizzare paleria di salicacee per ottenere col tempo una soglia filtrante viva, che in caso di attecchimento può originare robuste alberature; le piantagioni di versante ricostruiranno sul lungo periodo una querceta mista con sottobosco arbustivo costituito dalle specie di margine o corteggio floristico.

**Aspetti manutentivi:** poiché si tratta di tecniche da utilizzare sull'alto bacino dei corsi d'acqua, in ambito agricolo-forestale non urbanizzato, non si ravvede la necessità di interventi manutentivi della vegetazione, in quanto tra l'altro costituita da latifoglie; è da prevedersi un intervento di ripristino ove nell'arco dei primi tre anni l'opera trasversale in paleria si danneggi; successivamente, le condizioni di contorno (inerbimento, arbusti, stabilizzazione alveo) dovrebbero rendere del tutto superfluo intervenire.

**Commenti:** l'intervento è relativamente "leggero" sia per quel che riguarda i costi sia per quel che riguarda l'impatto di cantiere, ed è abbastanza flessibile. Non è proponibile su fossi con portate troppo elevate o con larghezza alveo >2 ml. E' ipotizzabile un uso estensivo di tale tecnica su tutti i fossatelli lungo versanti che presentino incisioni e che siano accessibili in vicinanza da mezzi.

**COSTI DELLE TECNICHE UTILIZZATE:** soglia in palizzata larghezza in testa 2-4 ml a corpo L 310.000  
(Decreto Giunta Regionale Marche n° 140 del 6/5/1999) inerbimento a spaglio L/mq 800  
inerbimento protetto da biostuoia in juta L/mq 11.000  
inerbimento con idrosemina di matrice di fibre legate L/mq 22.500  
piantagioni arboree ed arbustive escluso piante L/cad 4.300

## SEZIONE TIPO DI PROGETTO



Sezione tipo di progetto



Esempio applicativo (Progetto Biotec, 1998 Friburgo - CH)

## TECNICA 4

### Esempio di sistemazione di drenaggi tramite canaletta in legname

Studio e ricerca di nuove metodologie in materia di difesa del suolo e miglioramento ambientale:  
proposta per l'attuazione di interventi pilota - Legge N.61/98

#### Regione Marche – WWF Italia: Linee guida siti rappresentativi: Massaprofoglio

**OBIETTIVI DELL'INTERVENTO:** *protezione dall'erosione di versanti attraverso drenaggio delle acque meteoriche.*

**Ambiti di intervento:** scarpate e bordi delle strade campestri al di sopra dell'abitato, incisioni di versante di ridotte dimensioni, scarpate della strada provinciale, sistemazione degli sgrondi di alcuni campi verso l'affluente in destra del torrente S. Angelo.

**Tecniche impiegabili:** rivestimento del fondo con ramaglia, viminate laterali sulle sponde, inerbimento ( con eventuale semina di arboree e protezione da biostuoie) sulle superfici alterate in fase di cantiere, piantagioni arboree ed arbustive sul versante superiore.

**Aree interessate dai lavori:** zanelle laterali di strade campestri, terreno prossimo ad incisioni sistemate con tale tecnica, versanti calanchivi immediatamente a ridosso.

**Specie vegetali impiegabili:** Salix alba, Salix purpurea, Salix elaeagnos, Populus nigra per picchetti vivi in situazioni con disponibilità idrica, Quercus pubescens, Fraxinus ornus e Prunus avium per le piantagioni arboree, Spartium junceum, Rhamnus alaternus, Pyrus piraster, Prunus spinosa, Acer campestre, Cornus sanguinea, Crataegus oxyacantha, Rosa canina, Evonymus europaeus per le piantagioni arbustive; inerbimento con fiorume da sfalcio locale o con Lolium spp. o con Hedysarum coronarium.

**Materiali necessari:** talee vive (eventualmente) • paleria di castagno per i picchetti e per rivestimento del fondo • picchetti metallici (eventuali) • ramaglia fine viva di salici o morta ( di conifere o castagno) per viminate ad intreccio • biostuoia (eventuale) • piante radicate da forestazione

**Modalità di esecuzione:** in primo luogo si deve provvedere alla riprofilatura del terreno ed all'eventuale scavo del fossato di drenaggio, quindi si dispongono dei rami morti in senso trasversale alla corrente sul fondo del fossatello; successivamente si inseriscono con almeno 30 cm di fondazione picchetti in legno vivo o morto (o di metallo) verticali ad interasse di 50 cm su entrambe le sponde del fossato, e si intreccia poi su queste file di picchetti della ramaglia viva o morta, in modo da formare due pareti perpendicolari poco scabre; ove i picchetti verticali non possano essere fondati in profondità per presenza di roccia o scogli, è opportuno prevedere l'utilizzo di picchetti in acciaio (tondino diam 12-16 mm con punta a taglio); i picchetti verticali si infiggono manualmente battendoli con mazza (utilizzando nel caso del legno un coprimazza per evitare spacchi); infine si risagoma il terreno e si provvede all'inerbimento delle superfici alterate o decotate ed alla piantagione delle specie arboree ed arbustive in prossimità.

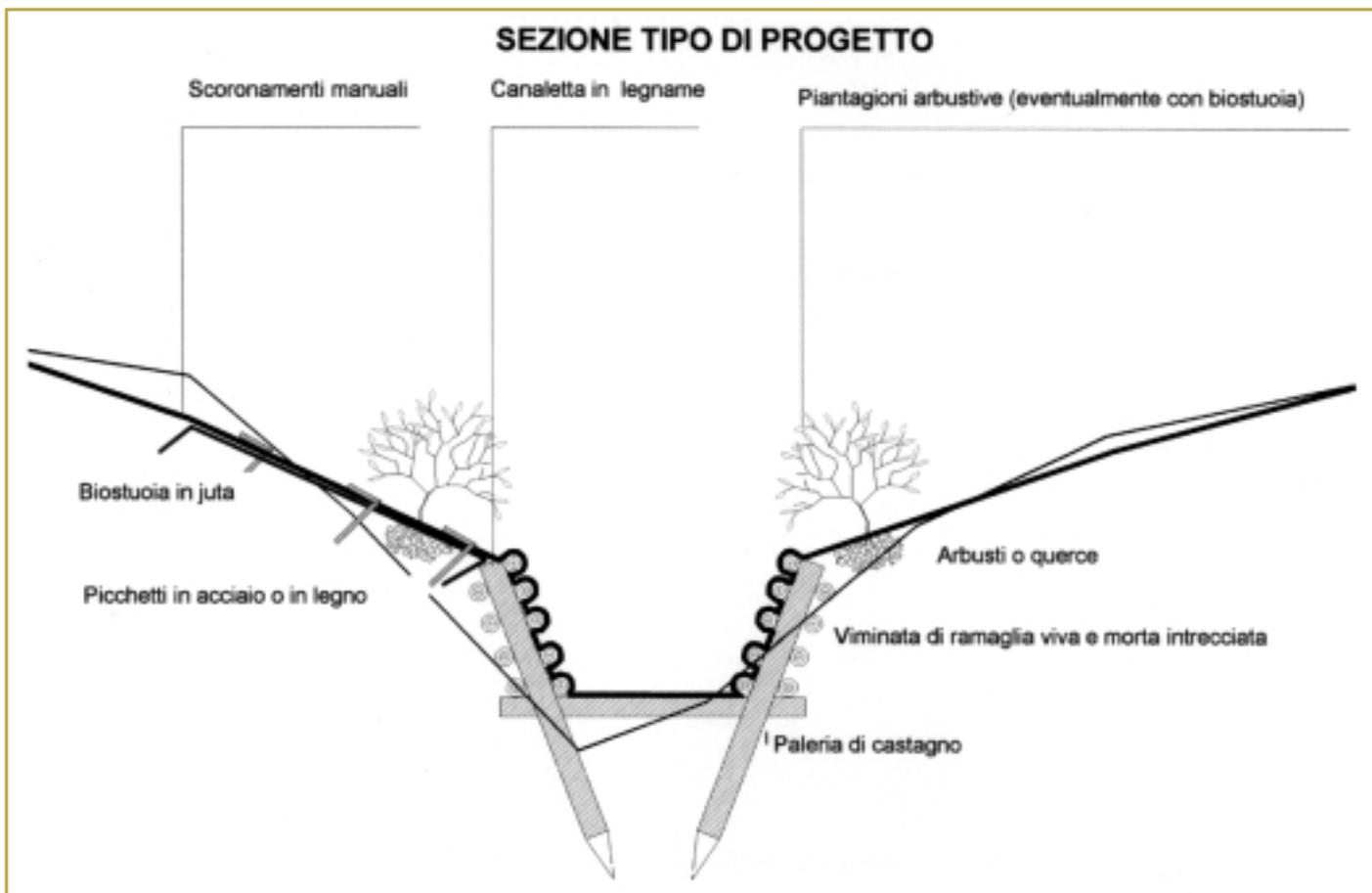
**Condizioni e limiti dell'intervento:** le tecniche utilizzate si prestano ottimamente per ripristinare versanti erosi da solchi di incisione, per drenare acque su versanti calanchivi ed impedire l'insacco di fenomeni erosivi, per prevenire dissesti da ruscellamenti lungo strade campestri tramite zanelle laterali di raccolta delle acque; nel caso di interventi su formazione lapidea, diviene problematico l'inserimento dei picchetti verticali, nel qual caso si utilizzano picchetti in acciaio inseriti nelle fenditure della roccia ( o anche diminuendo la fondazione ai picchetti in punti problematici e raddoppiandola a quelli immediatamente a valle o a monte); l'intervento è completamente manuale, ad eccezione dello scavo in caso di fossati stradali di sgrondo di nuova costruzione; si presta bene per impluvi nella parte montana dei bacini, in presenza di ruscellamenti su versanti denudati o privi di adeguata copertura forestale; il vantaggio maggiore di questa tecnica è l'utilizzo di ramaglia leggera, e la possibilità che offre di riusare apparati epigei di specie arbustive presenti in loco (occorre rammentare che le branche sono in questo caso privi di capacità vegetativa, quindi le viminate laterali edificheranno pareti di durata più ridotta che nel caso di utilizzo di ramaglia di salici).

**Evoluzione dell'intervento:** considerando la scarsa disponibilità idrica nei versanti di intervento, ed il fatto che si interviene qui su incisioni di versante o lungo strade più che su veri e propri corsi d'acqua, pare poco realistico pensare a palizzate vive, che originerebbero nel caso macchie arboreescenti a salicacee; si ritiene più realistico puntare alla formazione di una fascia arbustiva-arborea a vegetazione di macchia o di margine boschivo subito a ridosso del fossato (eccettuato che nel caso di canalette lungo strade campestri dove l'intervento non può essere vegetato); nel medio periodo il materiale si degrada (entro 3-4 anni, in periodi più lunghi se si è utilizzato ramaglia fine di conifere o castagno), ma lo scavo dovrebbe rimanere stabilizzato da parte degli apparati radicali delle piante inserite in prossimità, e comunque resterà un solco ben visibile e gestibile con manutenzioni saltuarie.

**Aspetti manutentivi:** poiché si tratta di tecniche da utilizzare su versanti appenninici, in ambito non urbanizzato, non si ravvede la necessità di interventi manutentivi della vegetazione, in quanto tra l'altro costituita da latifoglie; è da prevedersi un intervento di ripristino ove nell'arco dei primi tre anni le pareti in viminata dovessero in alcuni punti cedere alla spinta del terreno retrostante. successivamente, le condizioni di contorno (inerbimento, arbusti, stabilizzazione alveo) dovrebbero rendere del tutto superfluo intervenire.

**Commenti:** l'intervento è relativamente "leggero" sia per quel che riguarda i costi sia per quel che riguarda l'impatto di cantiere, ed è abbastanza flessibile. Non è proponibile su fossi con portate troppo elevate o con larghezza alveo >1 ml.

**COSTI DELLE TECNICHE UTILIZZATE:** canaletta di drenaggio di larghezza 100-170 cm con pareti in viminata *L/ml 99.000*  
(Decreto giunta regionale Marche n°140 6/5/1999)  
inerbimento a spaglio *L/mq 800*  
inerbimento protetto da biostuoia *L/mq 11.000*  
inerbimento con idrosemina di matrice di fibre legate *L/mq 22.500*  
piantagioni arboree ed arbustive escluse piante *L/cad 4.300*



Sezione tipo di progetto



Esempio applicativo (Progetto Comunità montana Casentino, 1995 - AR)

## TECNICA 5

### Esempio di sistemazione di erosioni spondali tramite palizzate e fascine vive

Studio e ricerca di nuove metodologie in materia di difesa del suolo e miglioramento ambientale:  
proposta per l'attuazione di interventi pilota - Legge N.61/98

### Regione Marche – WWF Italia: Linee guida siti rappresentativi: Massaprofoglio

**OBIETTIVI DELL'INTERVENTO:** *protezione dall'erosione delle sponde di fossi e torrenti in situazioni accessibili in prossimità da mezzi meccanici o con disponibilità in sito di tronchi utilizzabili come paleria (p. es. da alberi morti in piedi o da impianti forestali da diradare).*

**Ambiti di intervento:** piccoli tratti di sponda dell'affluente in sinistra del torrente S. Angelo, per difesa idraulica e per ricostruzione della fascia riparia

**Tecniche impiegabili:** palizzate spondali in tronchi vivi o paleria di castagno, eventuale rinforzo tramite fascinate vive o morte retrostanti, inerbimento con eventuale semina di arboree protetto da biostuoie sulle scarpate alterate, piantagioni arboree ed arbustive sui versanti superiori, opere in ramaglia sulle scarpate (andane, fascine, viminate).

**Aree interessate dai lavori:** alveo, piede di sponda, versanti immediatamente a ridosso.

**Specie vegetali impiegabili:** Salix alba, Salix purpurea, Salix elaeagnos, Populus nigra, per palizzata viva, Quercus pubescens, Fraxinus ornus e Prunus avium per le piantagioni arboree, Spartium junceum, Rhamnus alaternus, Pyrus piraster, Prunus spinosa, Acer campestre, Evonymus europaeus, Cornus sanguinea, Rosa canina, Crataegus oxyacantha per le piantagioni arbustive; inerbimento con fiorume da sfalcio locale o con Lolium spp. o con Hedysarum coronarium.

**Materiali necessari:** talee vive (eventualmente) • paleria viva di salici o di castagno per palizzata • picchetti metallici o di castagno • filo di ferro zincato • ramaglia viva o morta • biostuoia • piante radicate da forestazione

**Modalità di esecuzione:** in primo luogo si deve provvedere alla riprofilatura delle sponde, quindi si dispone il primo palo orizzontale in basso fondato quasi integralmente in alveo, quindi si infiggono a distanza di 50/100 cm (a seconda del taglio dei pali orizzontali) i picchetti verticali battendoli con mazza, si pongono gli altri pali orizzontali serrando l'ultimo in alto ai picchetti con filo di ferro zincato; infine, si collocano le opere in ramaglia nel caso di versanti denudati o molto acclivi (in modo da riutilizzare le fronde delle piante mondate usate come paleria), si provvede all'inerbimento con biostuoia delle superfici alterate o decotate ed alla piantagione delle specie arboree ed arbustive.

**Condizioni e limiti dell'intervento:** le tecniche utilizzate si prestano alla protezione delle sponde in fossi o torrenti con ridotte portate, con trasporto solido con classi granulometriche fini e medie (sabbie o ghiaia fine), con sponde costituite da materiale sciolto, meglio se da terreno vegetale; nel caso di fondo alveo naturale su formazione lapidea diviene problematica la fondazione dei picchetti verticali, nel qual caso si utilizzeranno picchetti metallici; l'intervento può essere completamente manuale, purché la paleria e la ramaglia siano reperibili in loco da taglio o siano trasportabili in vicinanza; si presta bene nei torrenti appenninici nella parte montana dei bacini, in situazioni nelle quali le portate ordinarie non sormontano l'altezza delle palizzate.

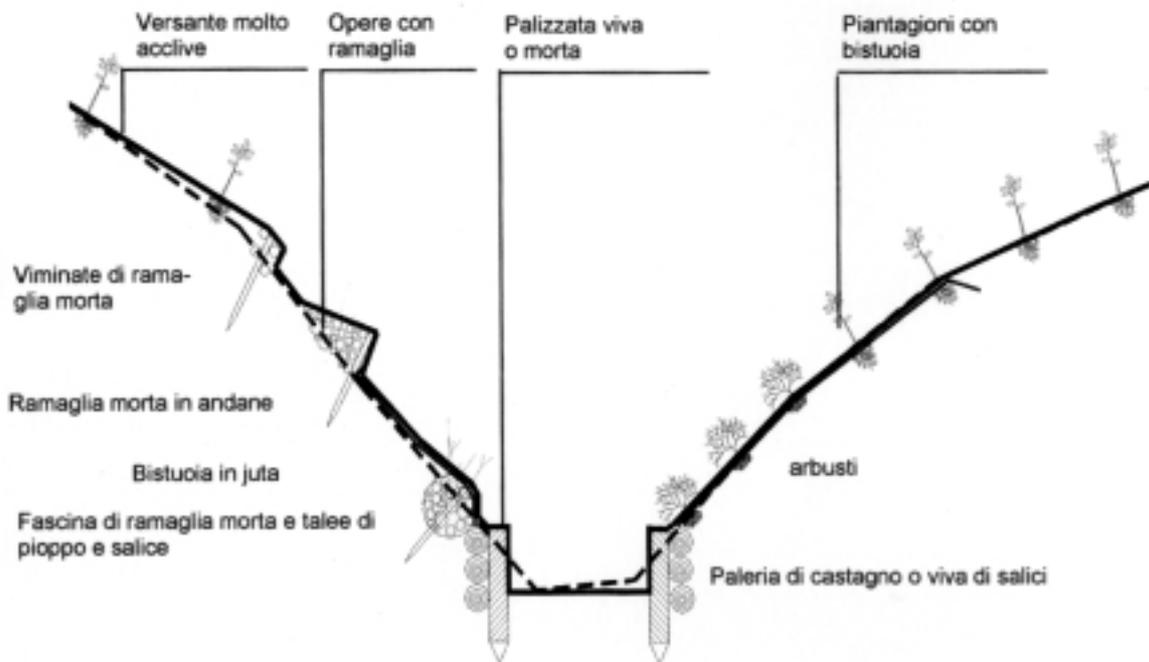
**Evoluzione dell'intervento:** considerando la sufficiente disponibilità idrica in sito, pare realistico pensare a palizzate vive, che origineranno macchie arborescenti a salicacee al piede di sponda; al di sopra della palizzata, si ritiene più corretto puntare alla formazione di una fascia arbustiva-arborea a vegetazione di macchia o di margine boschivo nella parte dei versanti immediatamente superiore all'intervento; le piantagioni di versante ricostruiranno sul lungo periodo una querceta mista con sottobosco arbustivo costituito dalle specie arbustive di margine o corteggio floristico.

**Aspetti manutentivi:** poiché si tratta di tecniche da utilizzare sull'alto bacino di torrenti appenninici, in ambito non urbanizzato, non si ravvede la necessità di interventi manutentivi della vegetazione; è da prevedersi un intervento di ripristino ove nell'arco dei primi tre anni la palizzata si danneggi o degradi; successivamente, le condizioni di contorno (inerbimento, arbusti, stabilizzazione alveo) dovrebbero rendere del tutto superfluo intervenire.

**Commenti:** l'intervento è relativamente "leggero" sia per quel che riguarda i costi sia per quel che riguarda l'impatto di cantiere, ed è abbastanza flessibile. Non è proponibile su fossi con portate elevate, considerando che le palizzate possono elevarsi per un massimo di 30/60 cm dal fondo alveo.

**COSTI DELLE TECNICHE UTILIZZATE:** palizzata spondale *L/ml 40.500*  
(Decreto Giunta Regionale Marche n°140 6/5/1999) inerbimento a spaglio *L/mq 800*  
inerbimento protetto da biostuoia in juta *L/mq 11.000*  
fascinate vive o morte a rullo *L/ml 14.700*  
viminate con verghe vive o morte *L/ml 16.900*  
inerbimento con idrosemina di matrice in fibre legate *L/mq 22.500*  
piantagioni arboree e arbustive escluso piante *L/cad 4.300*

## SEZIONE TIPO DI PROGETTO



Sezione tipo di progetto



Esempio applicativo (Progetto IRIS torrente Cesto a Figline, 1995 - FI)

## TECNICA 6

### Esempio di sistemazione di scarpata con cordonata viva

Studio e ricerca di nuove metodologie in materia di difesa del suolo e miglioramento ambientale:  
proposta per l'attuazione di interventi pilota - Legge N.61/98

#### Regione Marche – WWF Italia: Linee guida siti rappresentativi: Massaprofoglio

**OBIETTIVI DELL'INTERVENTO:** *stabilizzazione di pendii, consolidamento di scarpate spondali.*

**Ambiti di intervento:** Versanti o scarpate spondali dissestati dell'affluente in destra del torrente S. Angelo, consolidamento di scarpate sottostanti strade o manufatti al di sopra dell'abitato.

**Tecniche impiegabili:** Cordonate con talee e piantine radicate, eventuali inerbimento e piantagioni arbustive, eventuale biostuoia.

**Aree interessate dai lavori:** Versanti o parti alte delle scarpate spondali

**Specie vegetali impiegabili:** Salix purpurea, Salix elaeagnos, Populus nigra nelle fascine messe in opera in situazioni con disponibilità idrica (ove non si utilizzi ramaglia morta), Quercus pubescens per le piantagioni arboree, Spartium junceum, Rhamnus alaternus, Pyrus piraster, Prunus spinosa, Prunus avium, Acer campestre, Cornus sanguinea, Evonymus europaeus, Crataegus oxyacantha, Rosa canina per le piantagioni arbustive; inerbimento con fiorume da sfalciato locale o con Lolium spp. o con Hedy-sarum coronarium.

**Materiali necessari:** talee di salicacee diam. 5-10 cm • piantine radicate • sementi di specie erbacee • piante radicate da forestazione • sementi di specie erbacee

**Modalità di esecuzione:** Per prima cosa devono essere realizzati banchine o terrazzamenti ad L orizzontali di larghezza minima di 35-50 cm, con leggera contropendenza (minimo 10%) distanti circa 2-3 m l'uno dall'altro, su cui si dispone longitudinalmente dello stangame con corteccia, preferibilmente di castagno, di diam. 6-12 cm, su due file parallele, una verso l'interno ed una verso l'esterno dello scavo; si deve quindi stendere un letto di ramaglia di conifera sul fondo dello scavo; si procede quindi alla ricopertura con uno strato di terreno di circa 10 cm ed alla collocazione di talee di lunghezza minima 60 cm di salice (o di altre specie legnose con capacità di riproduzione vegetativa) o di piantine radicate in ragione di n° 10-25/ml, sporgenti verso l'esterno del pendio per 10-20 cm; ricopertura del tutto con inerte proveniente dallo scavo superiore. Si può anche attuare l'inserimento tra le talee di salice o tra una cordonata e l'altra di piante arboree e arbustive radicate (a radice nuda o in contenitore). In questo caso, per ogni metro deve essere messa a dimora almeno una pianta, con altezza minima di 100 cm, in grado di emettere radici avventizie.

**Condizioni e limiti dell'intervento:** le tecniche utilizzate si prestano ottimamente per ripristinare versanti in erosione, per rivestire scarpate di nuova formazione anche con pendeze elevate; l'intervento deve essere in parte manuale (può esserlo anche totalmente, ma a causa del costo degli scavi a mano non vi è convenienza). , il lavoro di scavo è contenuto; l'intervento si presta bene per impluvi nella parte montana dei bacini, in presenza di ruscellamenti su versanti calanchivi, denudati o privi di adeguata copertura forestale; il vantaggio maggiore di questa tecnica è la elevata percentuale di attecchimento delle talee correlata alla profondità di infissione delle stesse.

**Evoluzione dell'intervento:** considerando la ridotta disponibilità idrica nei versanti, più che alla formazione di una fascia boscata ripariale si tende alla edificazione di un rivestimento arbustivo con specie di macchia e con specie proprie delle associazioni di mosaico erbaceo-arbustivo. Sul lungo periodo, le specie proprie della vegetazione naturale potenziale prenderanno il sopravvento

**Aspetti manutentivi:** poiché si tratta di tecniche da utilizzare sull'alto bacino di corsi d'acqua, in ambito forestale non urbanizzato, non si ravvede la necessità di interventi manutentivi della vegetazione.

**Commenti:** l'intervento è mediamente contenuto sia per quel che riguarda i costi sia per quel che riguarda l'impatto di cantiere, ed è molto flessibile.

**COSTI DELLE TECNICHE UTILIZZATE:** cordonata viva L/m 38.300  
(Decreto Giunta Regionale Marche n°140 del 6/5(1999) inerbimento a spaglio L/mq 800  
inerbimento protetto da biostuoia in juta L/mq 11.000  
piantagioni arboree ed arbustive escluso piante L/cad 4.300



Sezione tipo di progetto



Esempio applicativo (Progetto Azienda Speciale Bacini Montani Bolzano, 1994)

## TECNICA 7

### Esempio di sistemazione di versanti tramite gradonamenti con palizzate o ramaglia

Studio e ricerca di nuove metodologie in materia di difesa del suolo e miglioramento ambientale:  
proposta per l'attuazione di interventi pilota - Legge N.61/98

#### Regione Marche – WWF Italia: Linee guida siti rappresentativi: Massaprofolio

##### **OBIETTIVI DELL'INTERVENTO:** *protezione dall'erosione di versanti privi di copertura forestale.*

**Ambiti di intervento:** scarpate riprofilate e ripide lungo l'affluente di destra del torrente S. Angelo, in situazioni accessibili in prosimità da mezzi meccanici.

**Tecniche impiegabili:** palizzate morte in tronchi o paleria di castagno, eventuale rinforzo dell'effetto di trattenimento tramite fascinate morte retrostanti, inerbimento con eventuale semina di arboree (anche protetto da biostuoie) sulle scarpate alterate e sui solchi prodotti dal trascinarsi dei pali, piantagioni arboree ed arbustive, opere collaterali in ramaglia sulle scarpate (andane, fascine, viminate).

**Aree interessate dai lavori:** versanti, canali di impluvio.

**Specie vegetali impiegabili:** Quercus pubescens, Fraxinus ornus e Prunus avium per le piantagioni arboree, Spartium junceum, Rosa canina, Pyrus piraster, Prunus spinosa, Acer campestre, Rhamnus alaternus, Crataegus oxyacantha, per le piantagioni arbustive; inerbimento con fiorume da sfalcio locale o con Lolium spp.

**Materiali necessari:** paleria di castagno per pali orizzontali • picchetti metallici o di castagno • filo di ferro zincato • ramaglia viva o morta • biostuoia • piante radicate da forestazione

**Modalità di esecuzione:** in primo luogo si deve provvedere allo scavo di un fosso di alloggiamento secondo le curve di pendenza, quindi si dispone il primo palo orizzontale in basso fondato quasi integralmente, poi si infiggono a distanza di 50/100 cm (a seconda del taglio dei pali orizzontali) i picchetti verticali battendoli con mazza, si pongono gli altri pali orizzontali serrando l'ultimo in alto ai picchetti con filo di ferro zincato; infine, si provvede al riempimento da tergo con ramaglia e si copre il tutto con il terreno risultante dallo scavo; nel caso di versanti denudati o molto acclivi si provvede anche alla collocazione in andane di ramaglia o alla posa di fascinate morte di drenaggio verso gli impluvi (in modo da riutilizzare le fronde delle piante mondate usate come paleria); a conclusione, si provvede all'inerbimento (anche con biostuoia) delle superfici alterate o decotate ed alla piantagione delle specie arboree ed arbustive.

**Condizioni e limiti dell'intervento:** le tecniche utilizzate si prestano alla protezione da erosione e ruscellamento dei versanti ove il terreno vegetale rischia di essere asportato in assenza di copertura forestale; nel caso di ridotta profondità dello strato di terreno vegetale o di presenza di massi affioranti diviene problematica la fondazione dei picchetti verticali, nel qual caso si utilizzeranno picchetti metallici; l'intervento può essere completamente manuale, purché la paleria e la ramaglia siano reperibili in loco da taglio o siano trasportabili in vicinanza; si presta bene nella parte montana dei bacini, in situazioni nelle quali non esistano coperture vegetali o profili del suolo stabili.

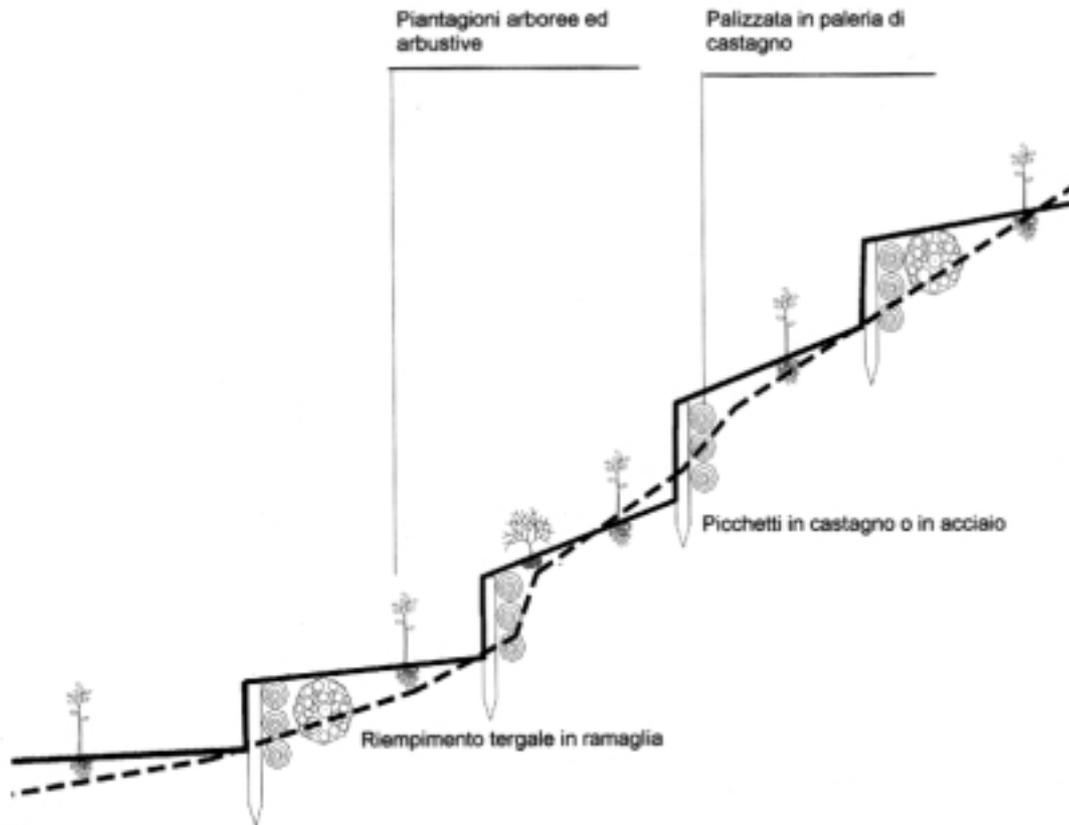
**Evoluzione dell'intervento:** considerando la scarsa disponibilità idrica estiva sui versanti, pare poco realistico pensare a palizzate vive; si ritiene più realistico puntare alla formazione di una fascia arbustiva-arborea a vegetazione di macchia o di margine boschivo nella parte dei versanti immediatamente superiore all'intervento; le piantagioni arboree di versante ricostruiranno sul lungo periodo una querceta mista con sottobosco arbustivo costituito dalle specie arbustive di margine o corteggio floristico.

**Aspetti manutentivi:** poiché si tratta di tecniche da utilizzare su versanti in ambito agricolo forestale non urbanizzato, non si ravvede la necessità di interventi manutentivi dell'opera, soggetta naturalmente a decadimento in quanto i tronchi di castagno, per quanto durevoli, sono comunque soggetti a decadimento. Ai fini progettuali si ritiene sufficiente una durata di 10 anni dell'opera, in quanto successivamente la rigogliosa vegetazione arbustiva di macchia e le piante inserite nei terrazzamenti saranno più che sufficienti a garantire la protezione del suolo con i loro apparati epigei ed ipogei.

**Commenti:** l'intervento è relativamente "leggero" sia per quel che riguarda i costi sia per quel che riguarda l'impatto di cantiere, limitato al costipamento del suolo ed allo scotciamento provocato dal trascinarsi dei pali e della ramaglia; i vantaggi di questo intervento sono plurimi: apporto di sostanza organica al suolo con conseguente miglioramento della struttura, stabilizzazione del profilo del suolo, avvio di una successione vegetazionale naturale.

**COSTI DELLE TECNICHE UTILIZZATE:** palizzata morta con paleria di castagno L/ml 40.500  
(Decreto Giunta Regionale Marche n°140 6/5/1999) inerbimento a spaglio L/mq 800  
inerbimento protetto da biostuoia in juta L/mq 10.500  
fascinate morte a rullo L/ml 14.500  
viminate con verghe vive o morte L/ml 19.600  
inerbimento con idrosemina di matrice in fibre legate L/mq 22.500  
piantagioni arboree e arbustive escluso piante L/cad 4.300

## SEZIONE DI PROGETTO



Sezione tipo di progetto



Esempi applicativi (Progetti IRIS - a sinistra torrente Cesto a Figline 1995, FI - a destra fosso di Bolgheri, 1998, LI)

## TECNICA 8

### Esempio di sistemazione di solchi d'incisione tramite riempimento con ramaglia

Studio e ricerca di nuove metodologie in materia di difesa del suolo e miglioramento ambientale:  
proposta per l'attuazione di interventi pilota - Legge N.61/98

#### Regione Marche – WWF Italia: Linee guida siti rappresentativi: Massaprofoglio

**OBIETTIVI DELL'INTERVENTO:** *riempimento di piccoli solchi d'incisione a V, di ampiezza massima 3-5 m, prodotti dalle acque meteoriche.*

**Ambiti di intervento:** solchi di incisione di ridotte dimensioni su versanti sovrastanti l'abitato o su scarpate spondali boscate dell'affluente in destra del torrente S. Angelo, dove tecniche con salicacee non garantirebbero la riuscita per l'ombreggiamento.

**Tecniche impiegabili:** riempimento del solco con ramaglia, inerbimento ( con eventuale semina di arboree e protezione da bio-stuoie) sulle superfici alterate in fase di cantiere, piantagioni arboree ed arbustive sul versante superiore.

**Aree interessate dai lavori:** alveo dei solchi d'incisione, terreno prossimo, versanti immediatamente a ridosso.

**Specie vegetali impiegabili:** Quercus pubescens, Prunus avium e Fraxinus ornus per le piantagioni arboree, Spartium junceum, Rosa canina, Rhamnus alaternus, Pyrus piraster, Prunus spinosa, Crataegus oxyacantha, Acer campestre per le piantagioni arbustive; inerbimento con fiorume da sfalcio locale o con Lolium spp. o con Hedysarum coronarium.

**Materiali necessari:** paleria di castagno diam 5-10 cm per i pali traversi • ramaglia fine morta (meglio se di conifere) per riempimento • piante radicate da forestazione

**Modalità di esecuzione:** In primo luogo si collocano, a distanza di circa 2-3 ml, i pali traversi di castagno ben ammorsati alle pareti spondali, quindi si dispongono dei rami morti infiggendoli in profondità nell'alveo del solco di incisione; infine si risagoma il terreno e si provvede all'inerbimento delle superfici alterate o decotate ed alla piantagione delle specie arboree ed arbustive in prossimità; una volta riempitosi il solco grazie all'effetto di trattenimento della ramaglia fine, si può provvedere a ricollocare sul nuovo fondo un'altro strato di ramaglia, sino ad arrivare ad altezze di circa 3 ml.

**Condizioni e limiti dell'intervento:** le tecniche utilizzate si prestano ottimamente per ripristinare versanti erosi da piccoli solchi di incisione a V; l'intervento è completamente manuale, ed è molto ridotto il lavoro di scavo; si presta bene per impluvi nella parte montana dei bacini, in presenza di ruscellamenti, su versanti calanchivi, denudati o privi di adeguata copertura forestale; il vantaggio maggiore di questa tecnica è l'utilizzo di ramaglia leggera viva o morta di conifere.

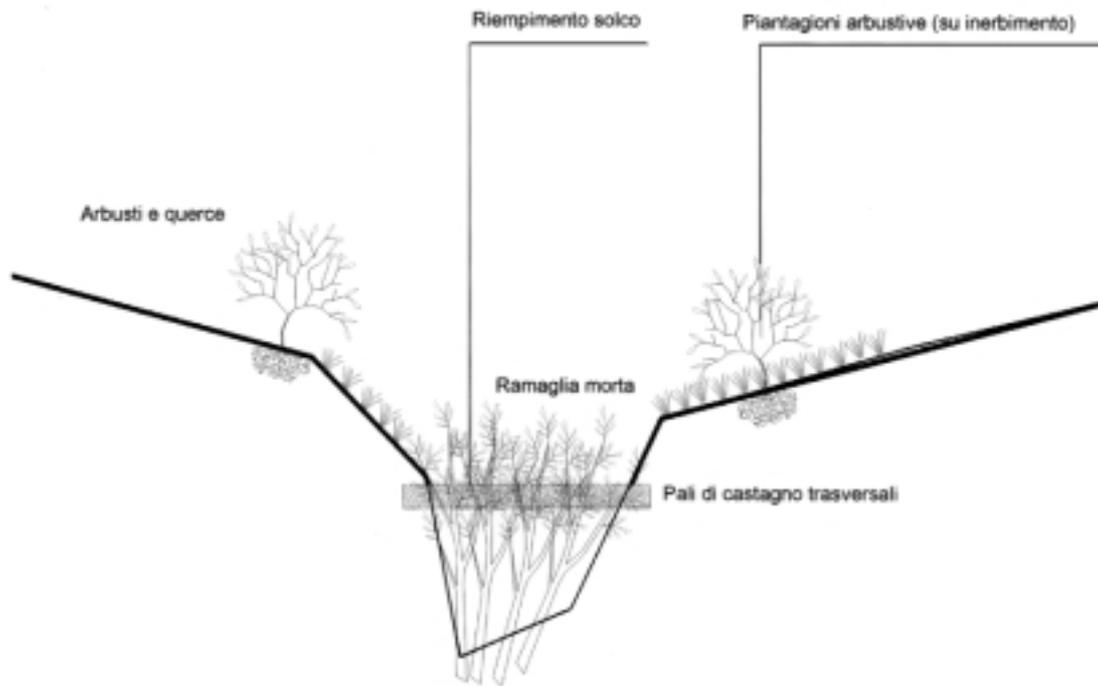
**Evoluzione dell'intervento:** il riempimento dei solchi avviene nell'arco di più anni, nel corso dei quali tale sistemazione protegge dall'erosione e funziona come una fascinata drenante; il degrado del materiale vegetale, che è lecito aspettarsi abbastanza rapidamente visto che la ramaglia viene inserita nel terreno e si trova in zone di ristagno dell'umidità, non inficia la validità dell'opera; per ciò che concerne le piantagioni laterali si ritiene realistico puntare alla formazione di una fascia arbustiva-arborea, con specie che tollerino anche l'eventuale ombreggiamento dei boschi di versante; si potranno allo scopo usare le specie meno esigenti in termini di disponibilità idrica delle associazioni di margine boschivo (ordine Prunetalia)

**Aspetti manutentivi:** poiché si tratta di tecniche da utilizzare sull'alto bacino dei corsi d'acqua, in ambito agricolo forestale non urbanizzato, non si ravvede la necessità di interventi manutentivi della vegetazione, in quanto tra l'altro costituita da latifoglie; le condizioni di contorno (inerbimento, arbusti, stabilizzazione alveo) dovrebbero poi rendere del tutto superfluo intervenire sui versanti nell'arco dei primi due anni; per ciò che riguarda il materiale morto, non vi sono necessità di interventi se non, eventualmente, per rialzare ulteriormente il fondo alveo con altri strati sovrapposti di ramaglia.

**Commenti:** l'intervento è relativamente "leggero" sia per quel che riguarda i costi sia per quel che riguarda l'impatto di cantiere, ed è abbastanza flessibile. Non è proponibile su fossi con portate seppur discontinue o con ampiezza massima >3-5 ml. E' ipotizzabile un uso estensivo di tale tecnica su tutti i versanti che presentino solchi di incisione diffusi

**COSTI DELLE TECNICHE UTILIZZATE:** riempimento solchi con ramaglia di conifere infissa sul fondo *L/m 15.000*  
(Decreto Giunta Regionale Marche n°140 6/5/1999) inerbimento a spaglio *L/mq 800*  
inerbimento con idrosemina di matrice di fibre legate *L/mq 22.500*  
piantagioni arboree ed arbustive escluse piante *L/cad 4.300*

## SEZIONE DI PROGETTO



Sezione tipo



Esempio applicativo (Progetto Regione Liguria, loc. Piangiaschi, SV)

## TECNICA 9

### Esempio di sistemazione di erosioni da ruscellamenti tramite opere trasversali in pietrame

Studio e ricerca di nuove metodologie in materia di difesa del suolo e miglioramento ambientale:  
proposta per l'attuazione di interventi pilota - Legge N.61/98

#### Regione Marche – WWF Italia: Linee guida siti rappresentativi: Massaprofoglio

**OBIETTIVI DELL'INTERVENTO:** *stabilizzazione dell'alveo e protezione dall'erosione delle sponde di fossi e corsi d'acqua, situazioni accessibili in prossimità da mezzi meccanici o con disponibilità in sito di pietrame di medie dimensioni (diam. 30-60 cm) e di ramaglia viva o morta (p. es. da alberi morti in piedi, da impianti forestali da diradare o da arbusti rinnovabili).*

**Ambiti di intervento:** affluente in destra del torrente S. Angelo, in corrispondenza di salti di fondo nelle situazioni con massi affioranti o con formazioni lapidee in alveo

**Tecniche impiegabili:** soglia in pietrame, fascina di ramaglia morta, inerbimento con eventuale semina di arboree protetto da biostuoie sulle scarpate alterate a monte e a valle, piantagioni arboree ed arbustive sul versante superiore.

**Aree interessate dai lavori:** alveo a valle e a monte della soglia, piede di sponda, versanti immediatamente a ridosso.

**Specie vegetali impiegabili:** Salix alba, Salix purpurea, Salix elaeagnos, Populus nigra, per eventuale fascina viva, Quercus pubescens, Fraxinus ornus, Prunus avium per le piantagioni arboree, Spartium junceum, Cornus sanguinea, Rosa canina, Rhamnus alaternus, Pyrus piraster, Prunus spinosa, Evonymus europaeus, Acer campestre, Crataegus oxyacantha per le piantagioni arbustive; inerbimento con fiorume da sfalciato locale o con Lolium spp. o con Hedysarum coronarium.

**Materiali necessari:** pietrame • talee vive (eventualmente) • picchetti di castagno per le fascine • ramaglia fine per le fascine • filo di ferro zincato • biostuoia • piante radicate da forestazione

**Modalità di esecuzione:** in primo luogo si deve provvedere alla riprofilatura delle sponde, quindi si dispone il primo ordine di pietre, fondate sul fondo alveo; su queste si incastrano le pietre superiori, in modo da costruire un'opera a retta di altezza 50/60 cm dal fondo; per aumentare l'effetto filtrante si collocano fascine di ramaglia morta o viva a monte dell'opera, ragguagliate in testa a quest'ultima; infine, si provvede all'inerbimento con biostuoia delle superfici alterate o decotate ed alla piantagione delle specie arboree ed arbustive.

**Condizioni e limiti dell'intervento:** le tecniche utilizzate si prestano ottimamente per la regolarizzazione dell'alveo in fossi incassati, con sponde costituite da pietrame o nel caso di fondo alveo naturale in formazione lapidea; l'intervento può essere completamente manuale, purché il pietrame sia reperibile in loco e purché siano prossimi siti di approvvigionamento di ramaglia; si presta bene in situazioni nelle quali il profilo deve essere regolarizzato tramite piccoli innalzamenti in serie del fondo alveo e non sono proponibili soglie in pali o fascine.

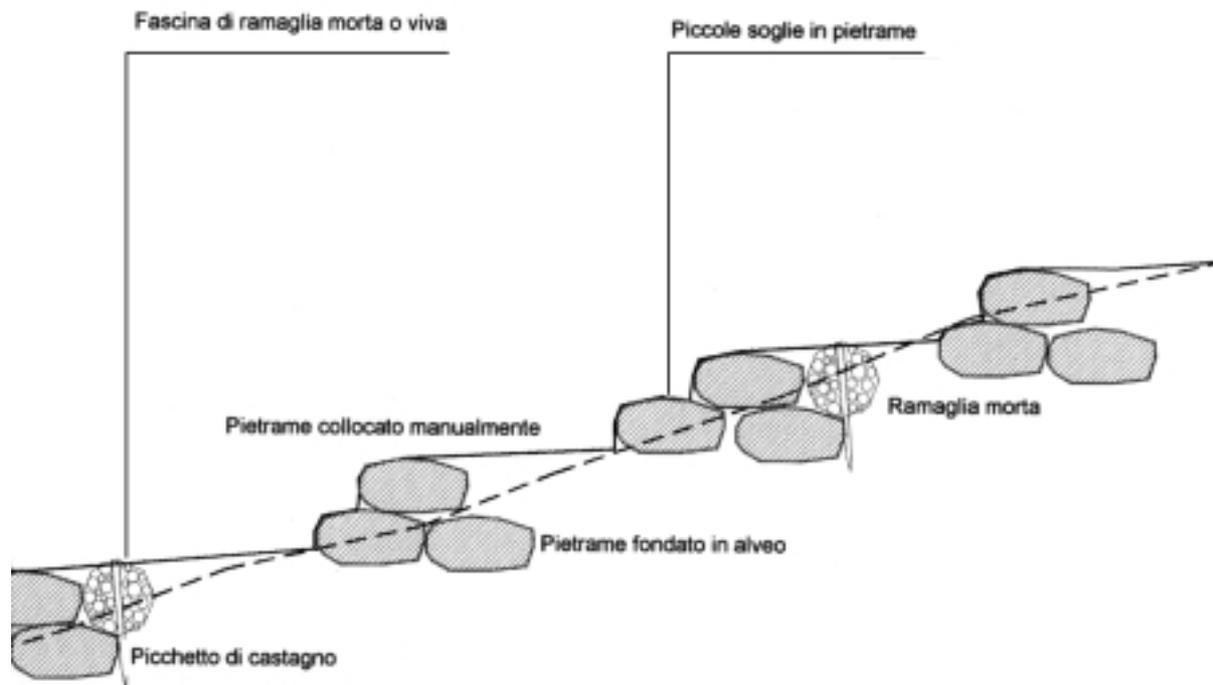
**Evoluzione dell'intervento:** in alvei con trasporto solido di materiale sciolto e portate non troppo discontinue si può ipotizzare di utilizzare ramaglia di salicacee per ottenere col tempo una soglia filtrante viva, che in caso di attecchimento può originare robuste alberature; le piantagioni di versante ricostruiranno sul lungo periodo una querceta mista con sottobosco arbustivo costituito dalle specie arbustive di margine o corteggio floristico.

**Aspetti manutentivi:** poiché si tratta di tecniche da utilizzare sull'alto bacino dei corsi d'acqua, in ambito non urbanizzato, non si ravvede la necessità di interventi manutentivi della vegetazione; le opere in pietrame si dovrebbero stabilizzare in poco tempo, grazie all'intasamento degli spazi tra le pietre.

**Commenti:** l'intervento è mediamente contenuto sia per quel che riguarda i costi sia per quel che riguarda l'impatto di cantiere, ed è abbastanza flessibile. Non è proponibile su fossi con fondo in materiale sciolto (dove la fondazione dovrebbe arrivare in profondità), con portate troppo elevate o con ampio alveo, tutti casi nei quali il pietrame deve avere robusta fondazione e talvolta ancoraggio a pali o picchetti metallici in alveo.

**COSTI DELLE TECNICHE UTILIZZATE:** soglia in scogli di 2° categoria, compresi scavi *L/tonn 35.000*  
(Decreto Giunta Regionale Marche n°140 6/5/1999) fascinate morte o vive a rullo *L/m 14.700*  
inerbimento a spaglio *L/mq 800*  
inerbimento protetto da biostuoia in juta *L/mq 11.000*  
inerbimento con idrosemina di matrice in fibre legate *L/mq 22.500*  
piantagioni arboree ed arbustiva escluso piante *L/cad 4.300*

## SEZIONE TIPO LONGITUDINALE DI PROGETTO



Sezione tipo longitudinale di progetto



Esempio applicativo (Progetto Agenzia Bacini Idrici, BZ)

## TECNICA 10

### esempio di sistemazione di alvei in erosione tramite briglia in palificata e pietrame

Studio e ricerca di nuove metodologie in materia di difesa del suolo e miglioramento ambientale:  
proposta per l'attuazione di interventi pilota - Legge N.61/98

#### Regione Marche – WWF Italia: Linee guida siti rappresentativi: Massaprofoglio

**OBIETTIVI DELL'INTERVENTO:** *gradonamento di alvei per regolarizzazione profilo di fondo, in torrenti con alvei ripidi e stretti con fenomeni erosivi innescati dal corso d'acqua sulle sponde, in situazioni accessibili in prossimità da mezzi meccanici per i necessari movimenti di terra.*

**Ambiti di intervento:** affluente in destra del torrente S. Angelo e suoi tributari, in necessità di creazione di guadi o per sistemazione di salti di fondo

**Tecniche impiegabili:** palificata a parete doppia di tipo Krainer in legname da paleria di castagno, inerbimento con eventuale semina di arboree (anche protetto da biostuoie) sulle scarpate alterate attorno all'opera, piantagioni arboree ed arbustive sui versanti superiori, tecniche di difesa del piede di sponda a monte ed a valle della briglia (palizzate, fascinate o viminate spondali).

**Aree interessate dai lavori:** alveo, piede di scarpata, versante.

**Specie vegetali impiegabili:** Salix alba, Salix purpurea, Salix elaeagnos, Populus nigra, Alnus glutinosa per talee o piante radicate da inserire nella palificata in situazioni con disponibilità idrica, Quercus pubescens Fraxinus ornus e Prunus avium per le piantagioni arboree, Spartium junceum, Rhamnus alaternus, Pyrus piraster, Prunus spinosa, Cornus sanguinea, Evonymus europaeus, Crataegus oxyacantha, Acer campestre per le piantagioni arbustive; inerbimento con fiorume da sfalciato locale o con Lolium spp. o con Hedysarum coronarium.

**Materiali necessari:** talee vive (eventualmente) • paleria di castagno per la palificata • pietrame • graffe metalliche o chiodi • eventuale biostuoia • piante radicate da forestazione

**Modalità di esecuzione:** in primo luogo si deve provvedere alla riprofilatura del suolo ed alla formazione dello scavo di fondazione, quindi si procede alla costruzione del castello in paleria, provvedendo via via al riempimento dell'opera con pietrame (in caso di palificata viva con piante radicate e talee gli ordini superiori devono essere riempiti in terreno contenuto sul fronte da ramaglia in fascine); in testa, l'opera deve essere conformata con una gaveta che indirizzi il flusso d'acqua al centro dell'alveo, eventualmente con ali laterali "a rondine" in caso di sponde molto incassate (le ali laterali disegnano una sorta di "gaveta di piena" e possono essere alternative alla gaveta centrale, a seconda della situazione del sito); al termine dell'opera, si provvede alla difesa del piede di sponda a monte ed a valle, e si riprofilano le sponde sistemandole con piantagioni ed inerbimenti a rapido accrescimento al fine di impedirne il dilavamento.

**Condizioni e limiti dell'intervento:** le tecniche utilizzate si prestano al gradonamento ed al terrazzamento dell'alveo di piccoli corsi d'acqua, con fondo alveo di larghezza 3-5 ml, con sponde incassate, in prossimità di strade o percorsi carrabili; la briglia è molto drenante e non si presta perciò al funzionamento per riempimento naturale del bacino a monte.

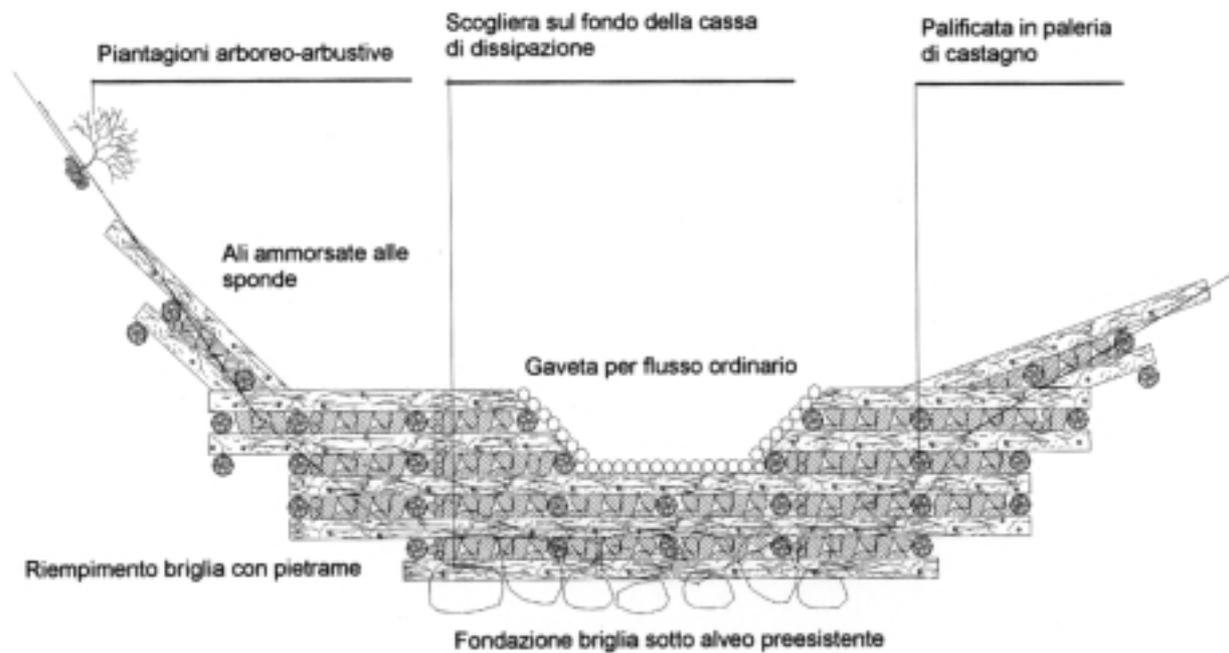
**Evoluzione dell'intervento:** considerando la presenza di una minima disponibilità idrica permanente e la discontinuità di portata dei torrenti appenninici, si può pensare anche a palificate vive con talee, che origineranno una macchia vigorosa con capacità filtrante in alveo; sulle scarpate di sponda si ritiene più realistico puntare alla formazione di una fascia arbustiva-arborea a vegetazione di macchia o di margine boschivo tramite piantagioni forestali sulle scarpate, eventualmente tentando l'inserimento di specie più igrofile a rapida crescita.

**Aspetti manutentivi:** poiché si tratta di tecniche da utilizzare sull'alto bacino dei corsi d'acqua, in ambito non urbanizzato, non si ravvede la necessità di interventi manutentivi della vegetazione, anche in ragione dei lenti ritmi di accrescimento delle specie di cui si prevede l'inserimento nell'opera; sono da prevedersi interventi di ripristino ove la paleria della palificata si danneggi o degradi entro i primi 10 anni; successivamente, le condizioni di contorno (talee, inerbimento, arbusti, stabilizzazione alveo e versanti) dovrebbero rendere del tutto superfluo intervenire; l'utilizzo di paleria di castagno consentirebbe nel caso di contare su una durata di 30-50 anni.

**Commenti:** l'intervento è relativamente "pesante" sia per quel che riguarda i costi sia per quel che riguarda l'impatto di cantiere, ed è da utilizzarsi in situazioni nelle quali gli interessi in gioco motivino una tale spesa (ad esempio presso percorsi o guadi, a ridosso di abitati, dove le sponde presentino erosioni significative a causa dell'abbassamento alveo, etc.). La tecnica è molto efficace e per la sua modularità può essere proposta per la costruzione di briglie abbastanza elevate, o per la edificazione di "batterie" di briglie.

**COSTI DELLE TECNICHE UTILIZZATE:** palificata doppia in paleria di castagno *L/mc 165.400*  
(Decreto Giunta Regionale Marche n°140 6/5/1999) inerbimento a spaglio *L/mq 800*  
inerbimento protetto da biostuoia in juta *L/mq 11.000*  
inerbimento con idrosemina di matrice in fibre legate *L/mq 22.500*  
piantagioni arboree ed arbustive escluse piante *L/cad 4.300*

## SEZIONE TIPO DI PROGETTO



Sezione tipo di progetto



Esempio applicativo (Progetto IRIS Borro Buca dei Ladri, FI)

## TECNICA 11

### Esempio di sistemazione di erosione di versante tramite grata viva

Studio e ricerca di nuove metodologie in materia di difesa del suolo e miglioramento ambientale:  
proposta per l'attuazione di interventi pilota - Legge N.61/98

#### Regione Marche – WWF Italia: Linee guida siti rappresentativi: Fabriano

**OBIETTIVI DELL'INTERVENTO:** *protezione dall'erosione di versanti molto acclivi soggetti a burronamenti, in situazioni accessibili in prossimità da mezzi meccanici.*

**Ambiti di intervento:** versante superiore in riva destra del fiume Giano, al di sopra delle opere di difesa del piede di sponda.

**Tecniche impiegabili:** grata in legname in paleria di castagno, inerbimento con eventuale semina di arboree protetto da biostuoie sulle scarpate alterate attorno alla grata, piantagioni arboree ed arbustive entro le celle della grata e sui versanti superiori.

**Aree interessate dai lavori:** piede di scarpata, versante.

**Specie vegetali impiegabili:** Salix alba, Salix purpurea, Salix elaeagnos, Populus nigra, per talee, Quercus pubescens, Fraxinus ornus e Prunus avium per le piantagioni arboree, Spartium junceum, Cornus sanguinea, Rhamnus alaternus, Pyrus piraster, Prunus spinosa, Evonymus europaeus, Crataegus oxyacantha, Rosa canina, Acer campestre per le piantagioni arbustive; inerbimento con fiorume da sfalcio locale o con Lolium spp. o con Hedysarum coronarium.

**Materiali necessari:** talee vive (eventualmente) • paleria viva di castagno per la grata • picchetti metallici o di castagno • pietrame • graffe metalliche o chiodi • eventuale biostuoia • piante radicate da forestazione

**Modalità di esecuzione:** in primo luogo si deve provvedere alla riprofilatura delle scarpate soggette ad erosione, quindi si provvede alla edificazione di una fondazione all'opera tramite scogliera o costruzione di piccola palificata doppia; su questa fondazione si collocano i pali verticali della maglia ortogonale che costituisce la grata in legname, e su questi ultimi si fissano con graffe o chiodi i pali orizzontali; la struttura viene poi ancorata alla scarpata con picchetti in legno o con metallici; infine, si riempiono le celle della grata con terreno e si provvede all'inerbimento (eventualmente con biostuoia) delle superfici alterate o decotate ed alla piantagione delle specie arboree ed arbustive.

**Condizioni e limiti dell'intervento:** le tecniche utilizzate si prestano alla protezione da erosione di scarpate molto acclivi, nel caso di superfici limitate dove non si può intervenire con riprofilature meccaniche del terreno, nel caso di impossibilità della riduzione di pendenza tramite arretramento del ciglio superiore, o nel caso di sistemazioni molto estese di versante.

**Evoluzione dell'intervento:** considerando il soleggiamento e la ridotta disponibilità idrica nei versanti, pare poco realistico pensare a grate vive con talee, che originerebbero nel caso macchie arboreescenti a salicacee; si ritiene più realistico puntare alla formazione di una fascia arbustiva-arborea a vegetazione di macchia o di margine boschivo tramite piantagioni forestali entro le celle della grata viva.

**Aspetti manutentivi:** poiché si tratta di tecniche da utilizzare in ambito agricolo forestale non urbanizzato, non si ravvede la necessità di interventi manutentivi della vegetazione, anche in ragione dei lenti ritmi di accrescimento delle specie di cui si prevede l'inserimento nell'opera; è da prevedersi un intervento di ripristino ove nell'arco dei primi tre anni la paleria della grata si danneggi o degradi; successivamente, le condizioni di contorno (inerbimento, arbusti, stabilizzazione versante) dovrebbero rendere del tutto superfluo intervenire.

**Commenti:** l'intervento è relativamente "pesante" sia per quel che riguarda i costi sia per quel che riguarda l'impatto di cantiere, ed è da utilizzarsi su superfici limitate, nelle quali gli interessi in gioco motivino una tale spesa (ad esempio su scarpate di strade campestri, a ridosso di abitati o campeggi, dove l'erosione delle sponde di un corso d'acqua può creare problemi idraulici o minacciare cose e persone, dove un fronte di frana molto ampio richiederebbe in alternativa consolidamenti più onerosi, etc.); la tecnica è molto efficace e per la sua modularità può essere proposta anche su versanti molto elevati, sui quali si edificeranno più ordini di grata tra loro connessi.

**COSTI DELLE TECNICHE UTILIZZATE:** grata in paleria di castagno *L/mq 78.800*  
(Decreto Giunta Regionale Marche n°140 651999) inerbimento a spaglio *L/mq 800*  
inerbimento protetto da biostuoia in juta *L/mq 11.000*  
inerbimento con idrosemina di matrice in fibre legate *L/mq 22.500*  
piantagioni arboree ed arbustive escluso piante *L/cad 4.300*

## SEZIONE DI PROGETTO



Sezione tipo di progetto



Esempio applicativo (Progetto IRIS fosso di Pomonte - Isola d'Elba, 1998 LI)

## TECNICA 12

### Esempio di sistemazione di scarpata con gradonata viva ed eventuale terra rinforzata

Studio e ricerca di nuove metodologie in materia di difesa del suolo e miglioramento ambientale:  
proposta per l'attuazione di interventi pilota - Legge N.61/98

#### Regione Marche – WWF Italia: Linee guida siti rappresentativi: Fabriano

**OBIETTIVI DELL'INTERVENTO:** *stabilizzazione di pendii o di scarpate spondali dissestati o sottostanti strade e manufatti da garantire.*

**Ambiti di intervento:** Versante superiore in riva destra del fiume Giano, al di sopra della copertura diffusa di salicacee che difende il piede di sponda

**Tecniche impiegabili:** Gradonate con talee e piantine radicate, eventuali inerbimento e piantagioni arbustive, terra rinforzata.

**Aree interessate dai lavori:** Versanti o parti alte delle scarpate spondali

**Specie vegetali impiegabili:** Salix purpurea, Salix elaeagnos, Populus nigra nelle fascine messe in opera in situazioni con disponibilità idrica (ove non si utilizzi ramaglia morta), Quercus pubescens per le piantagioni arboree, Spartium junceum, Rhamnus alaternus, Pyrus piraster, Prunus spinosa, Prunus avium, Acer campestre, Cornus sanguinea, Evonymus europaeus, Crataegus oxyacantha, Rosa canina per le piantagioni arbustive; inerbimento con fiorume da sfalciato locale o con Lolium spp. o con Hedysarum coronarium.

**Materiali necessari:** talee di salicacee diam. 5-10 cm • piantine radicate • sementi di specie erbacee • piante radicate da forestazione • strato di mulch • sementi di specie erbacee • biostuoia

**Modalità di esecuzione:** In primo luogo si realizzano banchine o terrazzamenti ad L orizzontali di larghezza minima di 35-50 cm, con leggera contropendenza (minimo 10%) distanti almeno 2-3 m l'uno dall'altro, si collocano talee di salicacee in ragione di n° 10-25 per metro, sporgenti verso l'esterno del pendio per 10-20 cm; in aggiunta o sostituzione delle talee, parziale o totale, possono essere utilizzate anche piante arboree o arbustive radicate, in ragione al massimo di 5 al metro; al termine il tutto viene ricoperto con l'inerte proveniente dallo scavo superiore. Si può anche attuare l'inserimento tra una gradonata e l'altra di piante arboree e arbustive radicate (a radice nuda o in contenitore). Per evitare il ruscellamento immediatamente dopo la realizzazione dell'opera, si può ricoprire la superficie con uno strato di 5-10 cm di mulch e proteggere il tutto con biostuoia in juta.

**Condizioni e limiti dell'intervento:** le tecniche utilizzate si prestano ottimamente per consolidare versanti in erosione, privi di adeguata copertura forestale; il limite maggiore della gradonata è la sua scarsa efficacia dal punto di vista della protezione da ruscellamento, perciò è necessario collocare l'intervento al di sopra dell'alveo di piena ordinaria, coadiuvandolo con biostuoie ed inerbimenti a protezione dalle acque meteoriche.

**Evoluzione dell'intervento:** considerando la ridotta disponibilità idrica nella parte alta del versante, più che alla formazione di una fascia boscata ripariale si tende alla edificazione di un rivestimento arboreo-arbustivo di transizione verso le associazioni climax della zona, con specie di macchia e con essenze arboree meno igrofile, che sul medio periodo prenderanno il sopravvento sulle salicacee; tra le salicacee, sono da privilegiare il pioppo nero e il salice rosso in quanto più tolleranti dell'aridità estiva.

**Aspetti manutentivi:** poiché si tratta di tecniche da utilizzare sull'alto bacino dei corsi d'acqua, in ambito forestale non urbanizzato, non si ravvede la necessità di interventi manutentivi della vegetazione, eccettuati uno o due tagli iniziali a cadenza pluriennale per non far subito "filare" in altezza la boscaglia di versante.

**Commenti:** l'intervento è relativamente "leggero" sia per quel che riguarda i costi sia per quel che riguarda l'impatto di cantiere, ed è molto flessibile.

**COSTI DELLE TECNICHE UTILIZZATE:** gradonata viva con talee e piantine *L/m 25.800*  
(Decreto Giunta Regionale Marche n°140 6/5/1999) inerbimento a spaglio *L/mq 800*  
inerbimento protetto da biostuoia in juta *L/mq 11.000*  
piantagioni arboree ed arbustive escluso piante *L/cad 4.300*

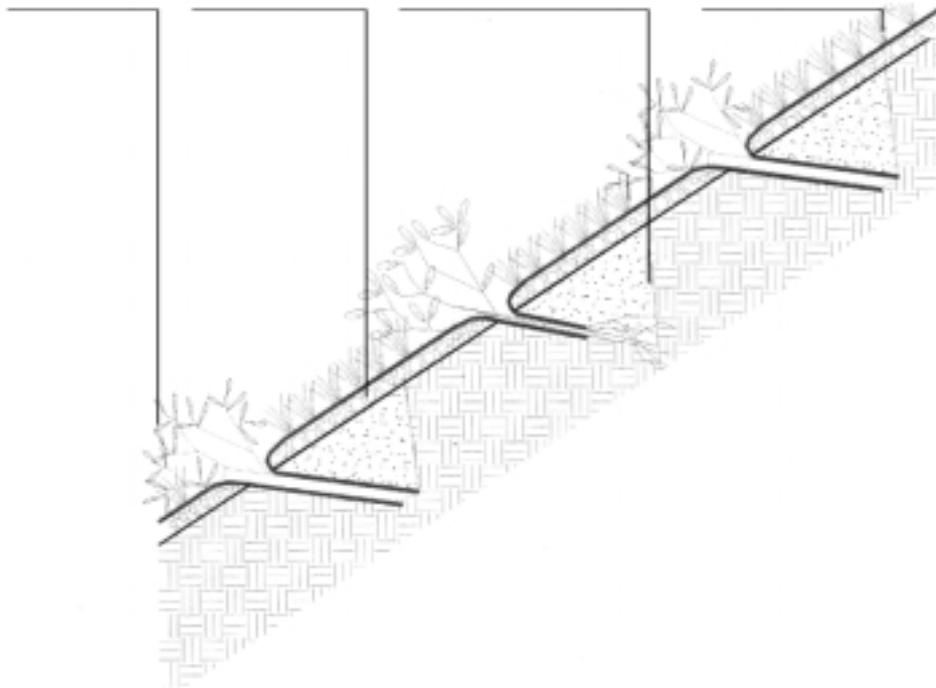
## SEZIONE DI PROGETTO

Taloe di salicacee  
o piantine radicate

Eventuale geotessuto  
e strato di  
5-10 cm di mulch

Scavo ad L con successivo  
reintegro con materiale del-  
lo scavo

Eventuali inerbimento e  
piantagioni arbustive



Sezione tipo di progetto



Esempio applicativo (Progetto IRIS fiume Pesa a Montelupo, 1998 - FI)

## TECNICA 13

### Esempio di sistemazione di sponda con copertura diffusa

Studio e ricerca di nuove metodologie in materia di difesa del suolo e miglioramento ambientale:  
proposta per l'attuazione di interventi pilota - Legge N.61/98

#### Regione Marche – WWF Italia: Linee guida siti rappresentativi: Fabriano

**OBIETTIVI DELL'INTERVENTO:** *Stabilizzazione e rivestimento vegetale di scarpate, protezione del piede di sponda.*

**Ambiti di intervento:** piede di sponda e versante inferiore in erosione della riva destra del fiume Giano, nel tratto in esterno del meandro più vulnerabile

**Tecniche impiegabili:** copertura diffusa con talee di salicacee, protezione al piede con fascina semplice o con scogliera in massi ciclopici, semina a spaglio, eventuale protezione con geotessuto (juta o cocco) .

**Aree interessate dai lavori:** Sponde fluviali, alveo.

**Specie vegetali impiegabili:** Salix purpurea, Salix elaeagnos, Salix alba, Populus nigra nelle fascine e nella copertura diffusa di astoni, Quercus pubescens per le piantagioni arboree, Spartium junceum, Rhamnus alaternus, Pyrus piraster, Prunus spinosa, Prunus avium, Acer campestre, Cornus sanguinea, Evonymus europaeus, Crataegus oxyacantha, Rosa canina per le piantagioni arbustive; inerbimento con fiorume da sfalcio locale o con Lolium spp. o con Hedysarum coronarium.

**Materiali necessari:** talee vive o picchetti di castagno • astoni vivi di salice • ramaglia viva di salicacee • massi ciclopici per scogliera al piede • paleria di castagno • filo di ferro zincato • sementi di specie erbacee • geotessuto per eventuale copertura

**Modalità di esecuzione:** In primo luogo si deve provvedere ad uno scavo al piede a sezione ristretta, a mò di canale, delle dimensioni adatte per collocarvi la difesa al piede, che potrà essere in scogliera o fascinata viva di salice, si procede inoltre al rimodellamento della scarpata fino a giungere a una pendenza di 30-40°; deve essere effettuata la parziale infissione di picchetti di salice vivo o di castagno in senso perpendicolare alla scarpata, a file longitudinali distanti un metro e con interasse fra i picchetti da 1 a 3 m, a seconda delle condizioni idrauliche (fila più prossima al corso d'acqua a distanza 1 m, seconda fila a 2 m, terza fila 3 m); si procede quindi con la copertura con ramaglia viva di salice (o salicacee) con densità di 20-30 verghe o astoni per metro, di lunghezza di 4-6 m, disposti perpendicolarmente alla corrente, intimamente affiancati fra loro, in modo tale da ottenere una copertura omogenea ed esente da zone aperte e vulnerabili all'azione erosiva, e con il piede collocato all'interno del canale; legatura ai picchetti, con filo di ferro, di rami di salice, puliti dalla ramaglia, disposti in senso longitudinale, al fine di far aderire bene al suolo le ramaglie della copertura. Deve essere poi completata l'infissione dei picchetti verticali in modo da ottenere l'efficace tensione del suddetto sistema di serraggio della copertura; deve essere effettuata la copertura di tutta l'opera con terreno vegetale avente spessore di 5-10 cm e distribuito omogeneamente a mò di spolvero; eventualmente può essere realizzata la semina di tutta la superficie a spaglio o mediante idrosemina; e la copertura diffusa può essere ricoperta con biostuoia. Deve essere infine realizzata la difesa al piede in fascina semplice o scogliera di massi ciclopici.

**Condizioni e limiti dell'intervento:** Le talee utilizzate per la copertura diffusa risentono notevolmente della siccità, tale tecnica deve essere dunque applicata ove la presenza idrica sia sempre garantita o lungo corsi d'acqua con disponibilità idrica, anche sotterranea e non costante. La fascina, utilizzata per la protezione al piede, si presta ottimamente a fossi e fiumi con sponde costituite da materiale sciolto, meglio se da terreno vegetale; nel caso di fondo alveo naturale in scogli o pietrame diviene problematica la fondazione dei picchetti e dei pali di castagno, che possono eventualmente essere sostituiti da picchetti metallici in tondini di acciaio tagliati con punta e battuti a mazza; nei corsi d'acqua con portate notevoli e con situazioni di erosione marcate è bene difendere il piede della copertura diffusa con scogliera ciclopica.

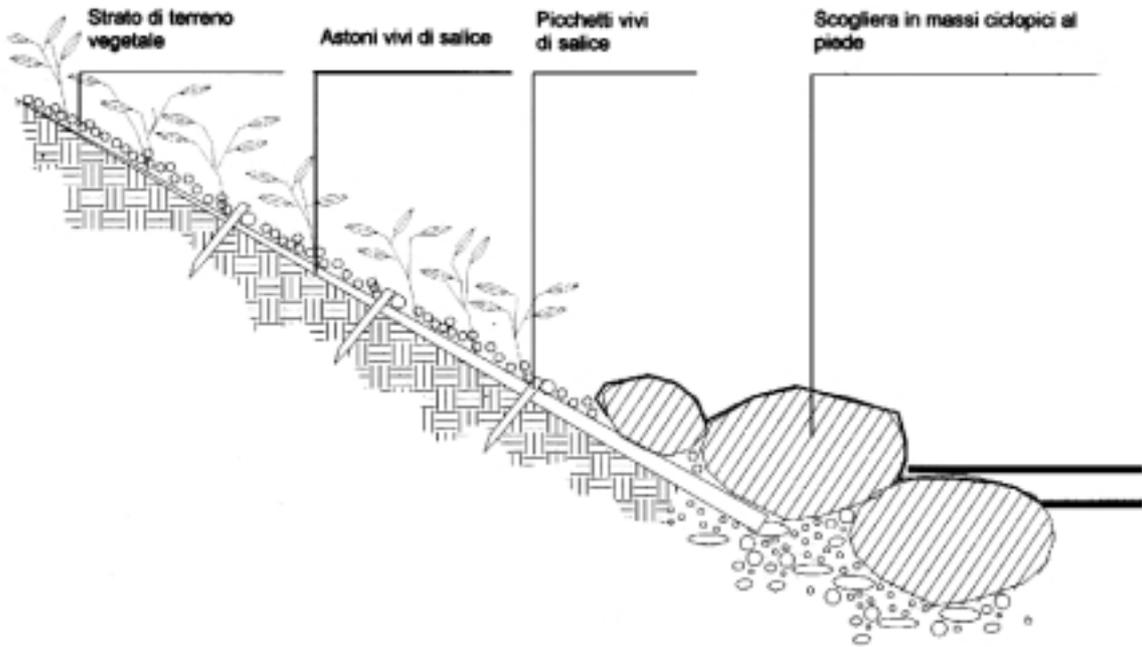
**Evoluzione dell'intervento:** la copertura diffusa origina una fitta boscaglia di salicacee, che per l'elevata concorrenza e il marcato ombreggiamento della scarpata tendono a diradarsi assai velocemente producendo un vero e proprio bosco ripariale.

**Aspetti manutentivi:** Interventi di manutenzione possono allora essere utili a diradare ulteriormente la boscaglia selezionando alcuni esemplari ad alto fusto, ed operando per il resto un taglio di ceduzione che consenta il ringiovanimento della formazione ed il mantenimento di fusti flessibili alla corrente.

**Commenti:** l'intervento è abbastanza "pesante" sia per quel che riguarda i costi sia per quel che riguarda l'impatto di cantiere, ma è molto efficace e resistente

**COSTI DELLE TECNICHE UTILIZZATE:** fascinata spondale viva L/m 14.700  
(Decreto Giunta Regionale Marche n°140 6/5/1999) inerbimento a spaglio L/mq 800  
inerbimento protetto da biostuoia in juta L/mq 11.000  
copertura diffusa di salicacee L/m 150.800  
scogliera in massi di 1° categoria L/tonn 33.600

## SEZIONE DI PROGETTO



Sezione di progetto



Esempio applicativo (Progetto IRIS F. Pesa, Lastra a Signa, 1997 - FI)

## TECNICA 14

### Esempio di sistemazione del piede di sponda con fascinata viva a doppio palo

Studio e ricerca di nuove metodologie in materia di difesa del suolo e miglioramento ambientale:  
proposta per l'attuazione di interventi pilota - Legge N.61/98

#### Regione Marche – WWF Italia: Linee guida siti rappresentativi: Fabriano

**OBIETTIVI DELL'INTERVENTO:** *Protezione del piede di sponda in situazioni di portata relativamente costante.*

**Ambiti di intervento:** al piede di sponda del fiume Giano, a protezione della copertura diffusa nei tratti meno esterni al meandro

**Tecniche impiegabili:** viminata frontale, fascinata viva a doppio palo, inerbimento con eventuale semina di arboree sulle scarpate alterate (anche coadiuvato da biostuoie o da leganti), piantagioni arboree ed arbustive sul versante superiore.

**Aree interessate dai lavori:** piede di sponda, alveo.

**Specie vegetali impiegabili:** Salix purpurea, Salix triandra, Salix alba, Populus nigra nelle fascine messe in opera in situazioni con disponibilità idrica (ove non si utilizzi ramaglia morta), Quercus pubescens per le piantagioni arboree, Spartium junceum, Rhamnus alaternus, Pyrus piraster, Prunus spinosa, Prunus avium, Acer campestre, Cornus sanguinea, Evonymus europaeus, Crataegus oxyacantha, Rosa canina per le piantagioni arbustive; inerbimento con fiorume da sfalcio locale o con Lolium spp. o con Hedysarum coronarium.

**Materiali necessari:** talee vive (eventualmente) • ramaglia viva di salicacee • paleria di castagno • filo di ferro zincato • sementi di specie erbacee • piante radicate da forestazione

**Modalità di esecuzione:** In primo luogo si deve provvedere alla riprofilatura della sponda ed eventuale scavo di uno sbancamento al piede per l'alloggio dell'opera, quindi all'infissione meccanica (ma non sino a raggiungere la profondità che si dovrà realizzare a fine opera) di pali in castagno (e/o pali vivi di salice qualora specificato) di diam. medio 10 cm ad interasse 50 o 100 cm, in modo tale da realizzare due file parallele e sfalsate distanti 60-100 cm; si procede dunque alla collocazione fra i pali di rami e ramaglia, non sgrossati, di salicacee delle specie suddette, in modo da costituire una fascina; il fronte sull'acqua dovrà presentarsi compatto e ben serrato, eventualmente con l'ausilio di verghe ad intreccio; si effettua la legatura con fili di ferro zincato, ai pali verticali collegando le due file di pali in senso trasversale rispetto alla linea di sponda. I pali devono essere battuti definitivamente, in modo tale che, grazie all'abbassamento dei fili di ferro, la ramaglia risulti ben serrata e compatta e successivamente devono essere infissi, fra i pali di castagno esterni e in linea con essi, di pali vivi di salice di diam. medio 8-10 cm ad interasse 100 cm per una profondità minima di 50 cm; si deve provvedere, infine, al riempimento parziale con terreno fine in corso d'opera e ricopertura finale ed eventuale rincalzo rispetto alla sponda con terreno fine, sciolto, indenne da trovanti e pietrame. La fascinata così costruita dovrà risultare di forma regolare e omogenea, solida e ben compatta ed esente da vuoti o aperture che possano provocare rischio di essiccamento del materiale vegetale o di sifonamento e scalzamento da parte della corrente idrica.

**Condizioni e limiti dell'intervento:** le tecniche utilizzate si prestano ottimamente per la protezione del piede di sponda di fossi e fiumi con sponde costituite da materiale sciolto, meglio se da terreno vegetale; nel caso di fondo alveo naturale in formazione lapidea diviene problematica la fondazione dei picchetti e dei pali di castagno, che possono eventualmente essere sostituiti da picchetti metallici in tondini di acciaio tagliati con punta e battuti a mazza; l'intervento può essere completamente manuale, anche per il ridotto peso ed ingombro del materiale costruttivo, e si presta perciò bene nelle situazioni nelle quali piste di accesso avrebbero eccessivo impatto ambientale. Per il buon successo dell'opera la portata dovrebbe risultare relativamente costante e il livello medio dell'acqua tale da consentire alla fascina di trovarsi fuori dell'acqua per almeno tre mesi durante il periodo vegetativo.

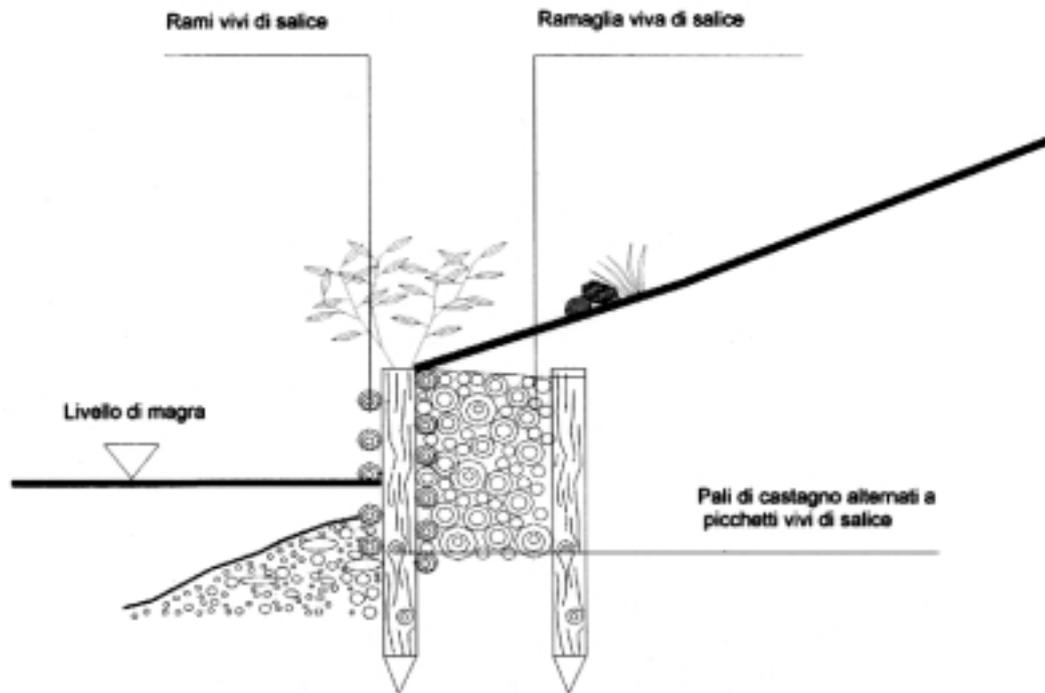
**Evoluzione dell'intervento:** in situazioni con buona disponibilità idrica, la tecnica origina rapidamente una fascia boscata ripariale a salicacee. Tali formazioni (talvolta monospecifiche) sono naturalmente presenti lungo le sponde dei corsi d'acqua in quanto costituiscono uno stadio di colonizzazione vegetazionale pioniero.

**Aspetti manutentivi:** poiché si tratta di tecniche da utilizzare in ambito non urbanizzato, in un fiume con ampia sezione idraulica e con una fascia golena di espansione in sinistra idraulica, non si ravvede la necessità di interventi manutentivi della vegetazione; è da prevedersi un intervento di ripristino ove nell'arco dei primi tre anni la fascina in ramaglia si degradi troppo velocemente; successivamente, le condizioni di contorno (sviluppo apparati radicali, stabilizzazione alveo) rendono del tutto superfluo intervenire.

**Commenti:** l'intervento è relativamente "leggero" sia per quel che riguarda i costi sia per quel che riguarda l'impatto di cantiere, ed è molto flessibile.

**COSTI DELLE TECNICHE UTILIZZATE:** fascinata spondale viva *L/m 14.700*  
(Decreto Giunta Regionale Marche n°140 6/5/1999) inerbimento a spaglio *L/mq 800*  
inerbimento protetto da biostuoia in juta *L/mq 11.000*  
piantagioni arboree ed arbustive escluso piante *L/cad 4.300*  
fornitura e posa di pali di castagno a rafforzamento fascina *L/m 27.000*

## SEZIONE DI PROGETTO



Sezione di progetto



Esempio applicativo (Progetto IRIS lago di Porta, 1998 - Montignoso Massa)

## TECNICA 15

### Esempio di sistemazione spondale con repellente vivo in fascina e pietrame

Studio e ricerca di nuove metodologie in materia di difesa del suolo e miglioramento ambientale:  
proposta per l'attuazione di interventi pilota - Legge N.61/98

#### Regione Marche – WWF Italia: Linee guida siti rappresentativi: Fabriano

**OBIETTIVI DELL'INTERVENTO:** *Favorire la colmata mediante sedimentazione, nei periodi di acque alte, di zone pianeggianti situate al di sopra del livello delle acque di magra; deflettere il corso della corrente per ridurre l'erosione di scarpate spondali.*

**Ambiti di intervento:** al piede della copertura diffusa in sponda destra del fiume Giano, nei punti in esterno del meandro maggiormente soggetti a scalzamento o erosione.

**Tecniche impiegabili:** pennelli in pietrame, fascine vive di salicacee, scogliera in massi ciclopici, biostuoia

**Aree interessate dai lavori:** alveo, corso d'acqua, piede di sponda.

**Specie vegetali impiegabili:** Salix purpurea, Salix elaeagnos, Salix alba, Salix triandra, per le fascine e per i picchetti vivi, eventualmente piante radicate di Salix caprea e Alnus glutinosa per differenziazione fascia riparia risultante.

**Materiali necessari:** talee vive di salicacee • ramaglia viva di salicacee • paleria di castagno • filo di ferro zincato • terreno fine • geotessuto in cocco • massi ciclopici

**Modalità di esecuzione:** realizzazione di uno scavo a partire dalla riva e posizionato ad angolo retto, o con inclinazione verso valle o verso monte rispetto alla direzione del flusso; edificazione nello scavo di un pennello vivo costituito da un corpo centrale in terreno fine (spessore medio = 80 cm) rivestito da geotessuto in cocco, su fondo drenante in ciottolame (spessore medio = 40 cm), secondo il seguente schema di lavoro: posa di una doppia fila di pali in castagno (diam. medio = 15-20 cm, lung. = 200-250 cm) a contenimento del corpo centrale; inserimento di un rullo di fascine di salice (diam. medio = 60 cm) lungo l'intero perimetro del corpo centrale sulla parte sommitale, fermato da talee (lung. 150 cm, diam. medio 10 cm); inserimento di piante radicate e/o di talee (diam. = 5-10 cm, lung. = 60-80 cm) nell'intero corpo centrale in ragione di n° 3/mq; fissaggio del geotessuto e delle fascine con filo di ferro zincato fermato ai pali di castagno; protezione esterna con scogliera di massi ciclopici in testa (1-3 tonn., fondati 80-100 cm) e lungo il lato contro corrente (1-3 tonn., fondati 50-100 cm).

**Condizioni e limiti dell'intervento:** la tecnica trova il suo utilizzo in corsi d'acqua con ampio alveo di piena, nei quali è possibile la costruzione di aree golenali vegetate al piede di sponda senza detrimento per l'efficienza idraulica della sezione. Per il buon successo dell'opera la portata dovrebbe risultare relativamente costante e il livello medio dell'acqua tale da consentire alla fascina di trovarsi fuori dell'acqua per almeno tre mesi durante il periodo vegetativo; in corsi d'acqua a spiccato regime torrentizio vi possono essere fallanze se nella prima stagione vegetativa, in periodo estivo, l'opera si trova del tutto priva di disponibilità idrica.

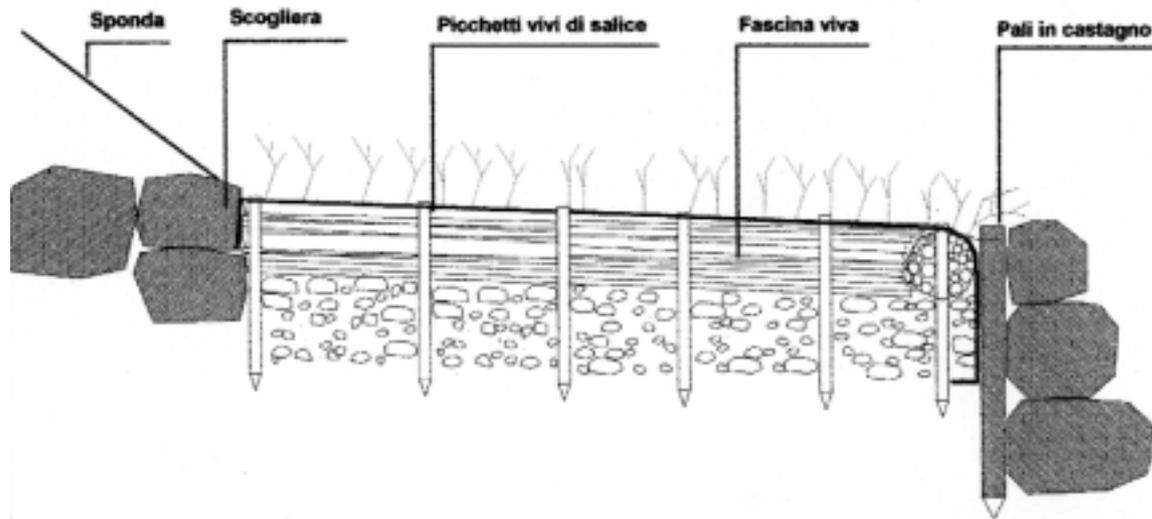
**Evoluzione dell'intervento:** le talee e la ramaglia viva originano in pochissimo tempo una vigorosa boscaglia in alveo, che a causa delle condizioni di periodica sommersione durante le piene ordinarie non evolverà mai verso formazioni arboree di climax.

**Aspetti manutentivi:** poiché si tratta di tecniche da utilizzare in alveo, le condizioni idrauliche ed ambientali già concorrono a orientare le formazioni forestali, impedendo l'attecchimento di specie mesofile e favorendo il portamento policormico dei salici e degli ontani (la corrente flette i fusti, spezza per torsione quelli troppo rigidi, etc.); non si ravvede quindi la necessità di interventi di manutenzione della vegetazione, a meno che con un taglio raso al termine della prima o della seconda stagione vegetativa non si intenda favorire l'accestimento dei salici; è da prevedersi un intervento di ringiovanimento con taglio raso a cadenze pluriennali ove le necessità idrauliche consiglino il mantenimento delle boscaglie di salici in forma arbustiva. La scogliera non ha tendenzialmente necessità di manutenzione perché si adatta flessibilmente alle variazioni del fondo alveo.

**Commenti:** l'intervento è relativamente "pesante" sia per quel che riguarda i costi sia per quel che riguarda l'impatto di cantiere in alveo, ed è da utilizzarsi in situazioni nelle quali semplici difese longitudinali della sponda non garantiscano il raggiungimento degli obiettivi perseguiti.

**COSTI DELLE TECNICHE UTILIZZATE:** pennello vivo a corpo L/m 400.000  
(Decreto Giunta Regione Marche n°140 del 6/5/1999) fascinata spondale in ramaglia L/m 14.700  
fornitura e posa di pali di castagno a rafforzamento fascina L/m 27.000  
scogliera in massi di 2° categoria L/tonn 35.000

## SEZIONE DI PROGETTO



Sezione di progetto



Esempio applicativo (Progetto IRIS fiume Pesa a S. Vincenzo a Torri, 1997 - FI)

## SCHEDA INTERVENTO DI RINATURALIZZAZIONE 1

### Ampliamento area di esondazione

Studio e ricerca di nuove metodologie in materia di difesa del suolo e miglioramento ambientale:  
proposta per l'attuazione di interventi pilota - Legge N.61/98

**Regione Marche – WWF Italia: Linee guida siti rappresentativi: Fabriano, Fiume Giano**

**OBBIETTIVI DELL'INTERVENTO:** *riduzione del colmo di piena, riduzione dell'azione erosiva durante le piene e ampliamento della fascia di vegetazione riparia, creazione habitat umido ripariale.*

**Ambito d'intervento:** riva sinistra del fiume Giano, sponda interna del tratto meandriforme interessato, ove è già presente una dinamica di esondazione naturale e l'area golenale interessata è libera da elementi ostativi.

**Tecniche d'intervento:** movimentazione e modellamento morfologico del terreno con mezzi meccanici, quali escavatori e ruspe.

**Aree interessate dai lavori:** sponde, area di esondazione e zone limitrofe.

**Modalità d'esecuzione:** durante il periodo di magra è possibile intervenire allargando e rimodellando il "gradino" della piena ordinaria per ampliare l'area di esondazione. L'ampliamento è dimensionato in relazione alla piene di riferimento. All'interno dell'area ampliata è consigliabile creare alcune piccole depressioni che consentano il ristagno d'acqua e la formazione di microhabitat (vedi scheda "Costituzione di ambienti palustri perifluviali").

**Condizioni e limiti d'intervento:** un problema può essere costituito dall'acquisizione o utilizzo dei terreni a ridosso del fiume. E' necessario prevedere forme d'indennizzo per i proprietari (es. tramite l'istituzione di "servitù idrauliche" con modalità di fruizione e sfruttamento colturale compatibile) o forme di coinvolgimento nella gestione del fiume (ad es. consentendo la ceduazione della vegetazione arboreo-arbustiva); in questo modo si favorisce una maggiore attenzione al corso d'acqua da parte di "chi lo vive". In caso di presenza di terreni demaniali, il Comune può richiedere la concessione con diritto di prelazione (art.8, L.37/94) "allo scopo di destinarle a riserve naturali, parchi fluviali o lacuali o comunque a interventi di ripristino e recupero ambientale "(comma 3, art.41, DLGS 152/1999). Subito dopo l'intervento di movimentazione può essere consigliabile la semina di essenze erbacee miste (vedi scheda "Ripristino della vegetazione erbacea") per evitare, in caso di esondazione poco tempo dopo l'intervento, l'instaurarsi di fenomeni di erosione superficiale diffusa.

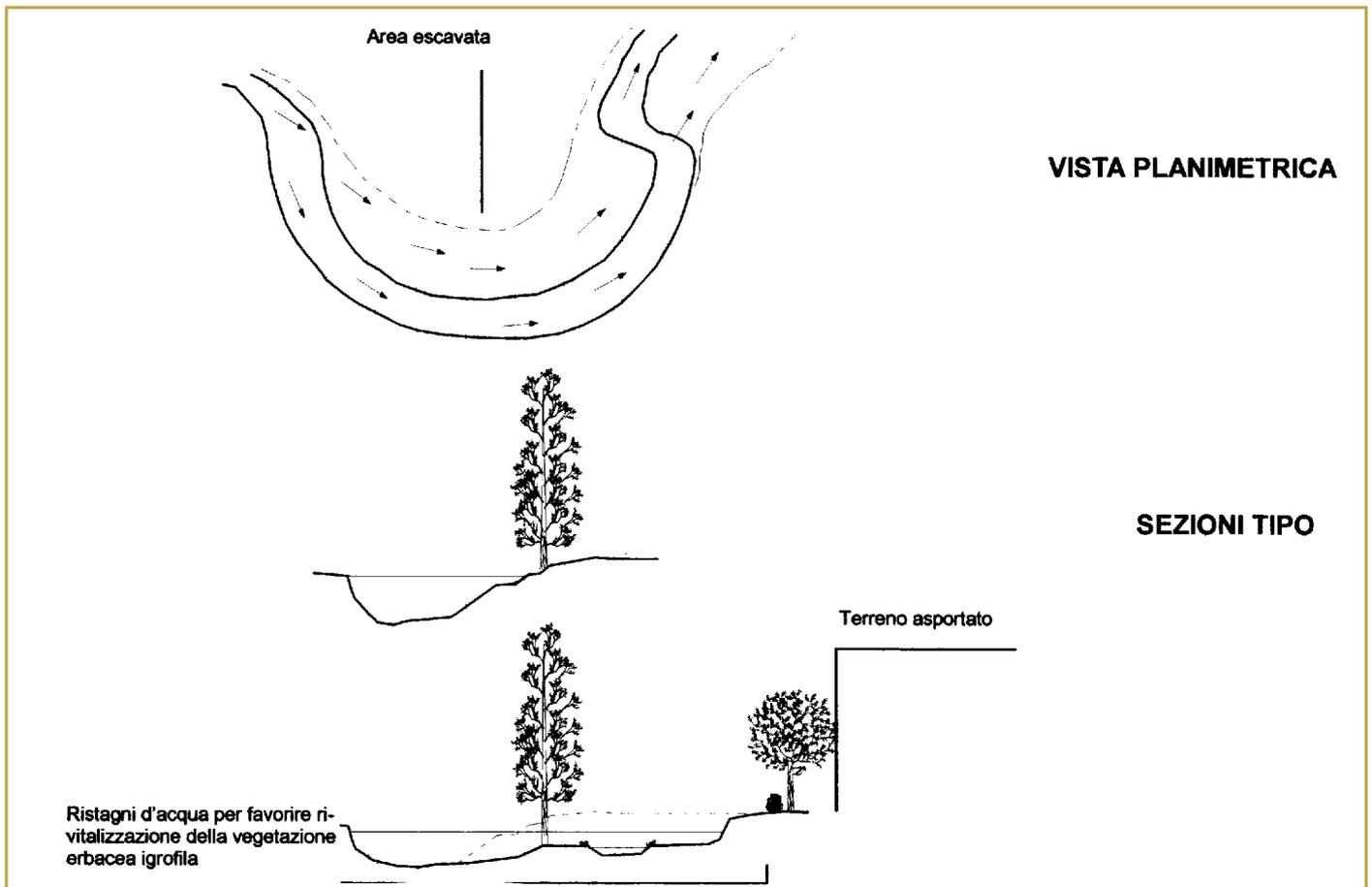
**Evoluzione dell'intervento:** l'area può essere soggetta a un intervento successivo di rinaturazione (vedi scheda "riqualificazione della fascia vegetazionale riparia arboreo-arbustiva").

**Aspetti manutentivi:** gli interventi di manutenzione devono essere volti prevalentemente al controllo di depositi o scariche abusive e devono essere previste operazioni di pulizia dell'area dai rifiuti trasportati dal fiume.

**Note:** tecnicamente l'intervento è semplice, inoltre l'eventuale materiale escavato può essere parzialmente commercializzato a compensazione del lavoro.

**Costi delle tecniche:** scavo di sbancamento *L/mc 4200*  
(Decreto Giunta Regione Marche n°140 6/5/1999)

**Riferimenti:** Lewis G., Williams G., 1984 "River and wildlife handbook. A guide to practices which further the conservation of wildlife in rivers" RSPB, RSNC (pp.93)



Vista planimetrica e sezione tipo



Meandro abbandonato Oasi naturalistica "Le Bine" (MN) - WWF Italia

## SCHEDA INTERVENTO DI RINATURALIZZAZIONE 2

### Riqualificazione della fascia vegetazionale arboreo-arbustiva riparia

Studio e ricerca di nuove metodologie in materia di difesa del suolo e miglioramento ambientale:  
proposta per l'attuazione di interventi pilota - Legge N.61/98

**Regione Marche – WWF Italia: Linee guida siti rappresentativi: Fabriano, Fiume Giano**

---

**OBBIETTIVI DELL'INTERVENTO:** *riqualificazione ambientale, difesa dall'erosione fluviale, consolidamento spondale, miglioramento della fruizione delle rive fluviali (ad es. intorno a piste ciclabili o percorsi naturalistici).*

**Ambito d'intervento:** scarpate di sponda e fasce riparie su entrambe le rive del tratto interessato (specie la riva destra, successivamente alla sua riprofilatura e riduzione della pendenza).

**Tecniche d'intervento:** opere di ingegneria naturalistica con funzione ecologica, oltre che di consolidamento al piede di sponda, con salici arbustivi; opere di rivestimento sulla scarpata di sponda con salicacee, arbusti e semine (si vedano le Schede di ingegneria naturalistica); sulla fascia superiore piantagione di talee e piante a radice nuda o con pani di terra. Si tenderà ad ottenere una successione vegetazionale tendente a quella climax.

**Aree interessate dai lavori:** sponde, fasce riparie e aree di esondazione del fiume.

**Specie vegetali impiegabili:** specie arboree e arbustive autoctone quali: Salice rosso (*Salix purpurea*), Salice bianco (*Salix alba*), Pioppo nero (*Populus nigra*), Frassino (*Fraxinus angustifolia*), Sambuco (*Sambucus nigra*), Sanguinella (*Cornus sanguinea*), Fusaggine (*Evonymus europaeus*), Roverella (*Quercus pubescens*).

**Materiali necessari:** piante vive, talee, astoni di salice e pioppo e mezzi per la sistemazione del terreno, la messa a dimora e la manutenzione.

**Modalità d'esecuzione:** è necessario tracciare il sesto d'impianto, provvedere alla realizzazione delle buche di dimensioni diverse a seconda se sono piante radicate (buche di diametro medio tra 50 e 100 cm e profondità massima 60 – 80 cm) o astoni (buche con diametro di circa 20-50 cm e profondità sino a 1 metro). Può essere realizzata una pacciamatura con materiale degradabile. In sponda sinistra è consigliata la formazione di una fascia arboreo-arbustiva continua (di almeno 10 metri di larghezza) a ridosso della scarpata di delimitazione esterna della fascia di esondazione, utilizzando anche roverelle nei punti sommitali; importante la creazione di macchie di vegetazione arboreo-arbustiva nell'area inondabile.

**Condizioni e limiti d'intervento:** riguardo la costituzione delle "macchie" può essere consigliabile una dislocazione non sulle direttrici principali del deflusso.

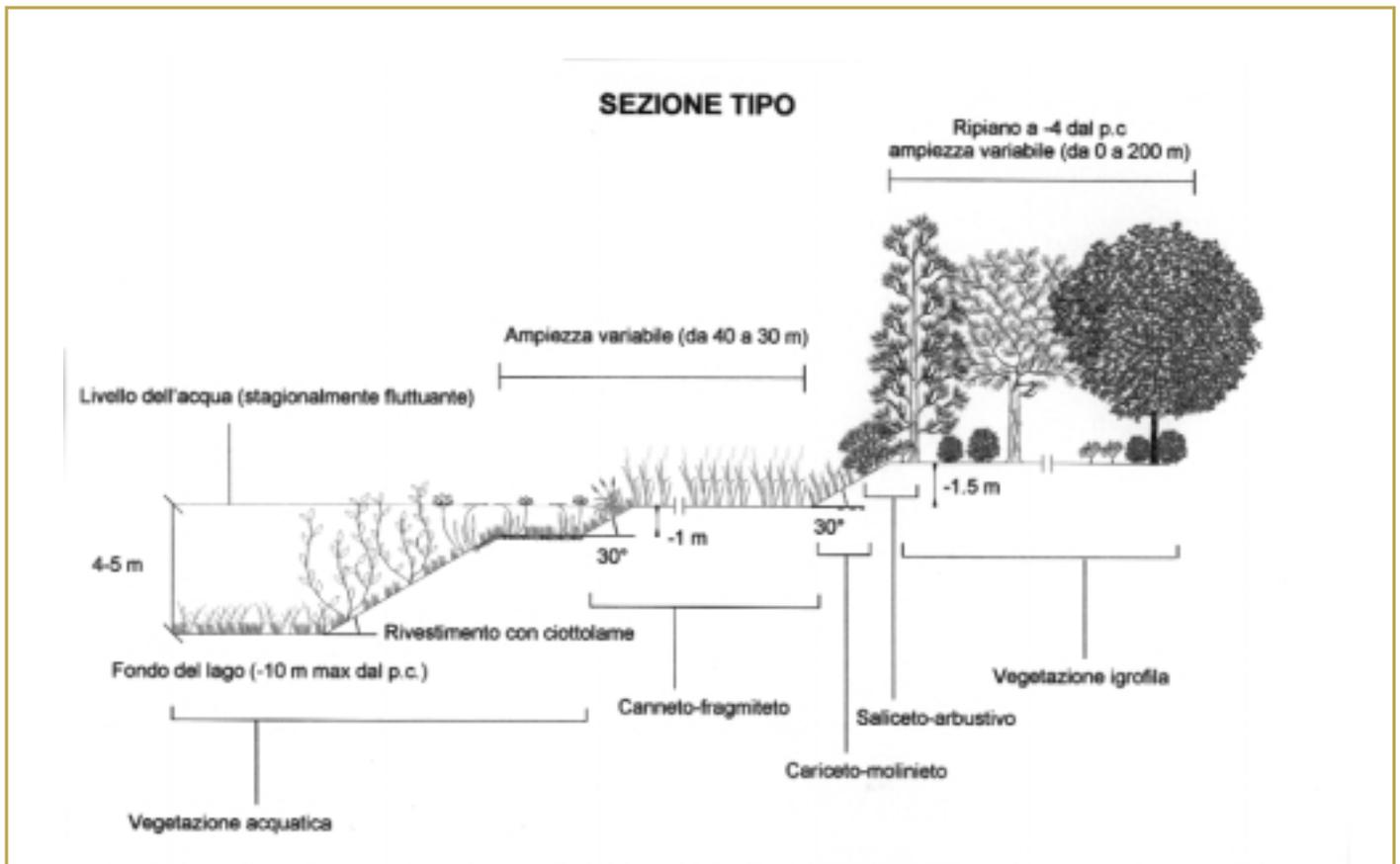
**Evoluzione dell'intervento:** nell'area golenale s'instaurerà una vegetazione azonale tipica di aree soggette a esondazioni periodiche, mentre la vegetazione in sommità di sponda destra evolverà verso formazioni climax.

**Aspetti manutentivi:** La vegetazione arboreo-arbustiva può essere governata con un ceduo composto per favorire una fisionomia vegetazionale diversificata. Il taglio potrebbe essere annuale con turni di 6 anni, in modo da mantenere sempre dei "macchioni" intatti. Per i primi tre anni dall'impianto può essere necessario provvedere a irrigazioni di soccorso, alla sostituzione delle piante morte, alla pulizia della vegetazione infestante a ridosso degli alberi e arbusti piantati.

**Commento:** un'area così riqualificata presenta una significativa diversità ambientale che consente il reinsediamento di specie floristiche e faunistiche di notevole interesse ambientale, quali il Frassino (*Fraxinus angustifolia*), specie in passato assai diffusa lungo i corsi d'acqua della regione e oggi divenuta estremamente rara. Nei terreni privati si può promuovere l'accesso a fondi comunitari (Agenda 2000) da parte dei proprietari.

**Costi delle tecniche:** piantagioni arboree ed arbustive escluso piante *L/cad 4.300*  
(Decreto Giunta Regione Marche n°140 6/5/1999)

**Riferimenti:** Cappelli M., 1991 "Selvicoltura generale" Edagricole, Regione Marche, Ass. Urbanistica e Ambiente, 1981 "Schede delle aree floristiche delle Marche"



Esempio di intervento di riqualificazione naturalistica di una cava in acqua. Rielaborato da S. Malceschi, L. G. Bisogni, A. Gariboldi "Reti ecologiche ed interventi di miglioramento ambientale - Il Verde Editoriale, Milano 1996.



Fiume Arno presso Montevarchi - studio sulla qualità fluviale M. Bacci, A. Nardini, R. Soncini Sessa, 1990 - Visibile la stratificazione vegetazionale trasversale al fiume che si deve tendere a ricostruire.

## SCHEDA INTERVENTO DI RINATURALIZZAZIONE 3

### Creazione di siepi e filari

Studio e ricerca di nuove metodologie in materia di difesa del suolo e miglioramento ambientale:  
proposta per l'attuazione di interventi pilota - Legge N.61/98

**Regione Marche – WWF Italia: Linee guida siti rappresentativi: Fabriano, Fiume Giano**

**OBBIETTIVI DELL'INTERVENTO:** *riqualificazione ambientale e paesaggistica, protezione dall'erosione eolica, azione frangivento, incremento delle potenzialità della lotta biologica in agricoltura, effetto "filtro" o "tampone" nei confronti dell'impatto generato dall'attività agricola e antropica in generale.*

**Ambiti d'intervento:** aree agricole o incolte interne alla zona di espansione in riva sinistra del fiume Giano o contigue a questa, sponde di fossi e bordi stradali prossimi al tratto di intervento.

**Tecniche d'intervento:** messa a dimora di piante a radice nuda o con pani di terra.

**Aree interessate dai lavori:** aree agricole o marginali, ai bordi di strade poderali, fossi minori e corsi d'acqua.

**Specie vegetali impiegabili:** Roverella (*Quercus pubescens*), Carpino nero (*Ostrya carpinifolia*), Olmo (*Ulmus campestris*), Pioppo bianco (*Populus alba*), Ontano nero (*Alnus glutinosa*), Acero campestre (*Acer campestre*), Biancospino (*Crataegus monogyna*), Fusaggine (*Evonymus europaeus*), Nocciolo (*Corylus avellana*), Prugnolo (*Prunus spinosa*).

**Materiali necessari:** piante vive in radice nuda o pane di terra, concimi naturali e pacciamanti, mezzi per la messa a dimora e la manutenzione.

**Modalità d'esecuzione:** si indicano di seguito tre diverse tipologie, raffigurate nello schema a fianco:

- 1) siepi frangivento, generalmente posizionate su direzione nord-sud, larghe al suolo 2-3 metri e fino a 15-20 metri d'altezza, formate da una doppia fila alternata (distanza 50-100 cm) di specie arboree (ogni 6-8 metri) e arbustive (ogni 2-3 metri);
- 2) siepi più basse, generalmente posizionate in direzione est-ovest, formate da una doppia fila alternata (distanza 50 cm) di specie a prevalenza di arbusti e con qualche albero (ogni 30-50 metri);
- 3) filari formati da un'unica fila di piante generalmente arboree.

La messa a dimora delle piante avviene come per la scheda 2, mentre la pacciamatura può essere più regolare e possono essere utilizzati materiali non degradabili purché facilmente rimovibili; è consigliabile la formazione di canalette di scolo laterali longitudinali. Per le modalità d'impianto si veda lo schema. La scelta delle piante dovrà avvenire a seconda del tipo di terreno e soprattutto in funzione del suo grado di igrofilia.

**Condizioni e limiti d'intervento:** lo spazio a disposizione può orientare decisamente la scelta verso i filari o le siepi; se l'orientamento non è quello giusto potrebbero esserci problemi per l'ombreggiamento delle eventuali colture limitrofe; in caso di confini di proprietà è indispensabile attenersi alle distanze di legge.

**Evoluzione dell'intervento:** i filari e le siepi manterranno il carattere lineare, in quanto confinati da strade, fossi o attività antropiche.

**Aspetti manutentivi:** le siepi possono essere governate a ceduo, a seconda del tipo di specie presenti. Possono essere necessarie potature nel caso vi siano proprietà vicine, strade asfaltate o pericoli per l'incolumità pubblica. Per i primi tre anni dall'impianto è necessario provvedere a irrigazione di soccorso, alla sostituzione delle piante morte, alla pulizia della vegetazione infestante a ridosso degli alberi e arbusti piantati.

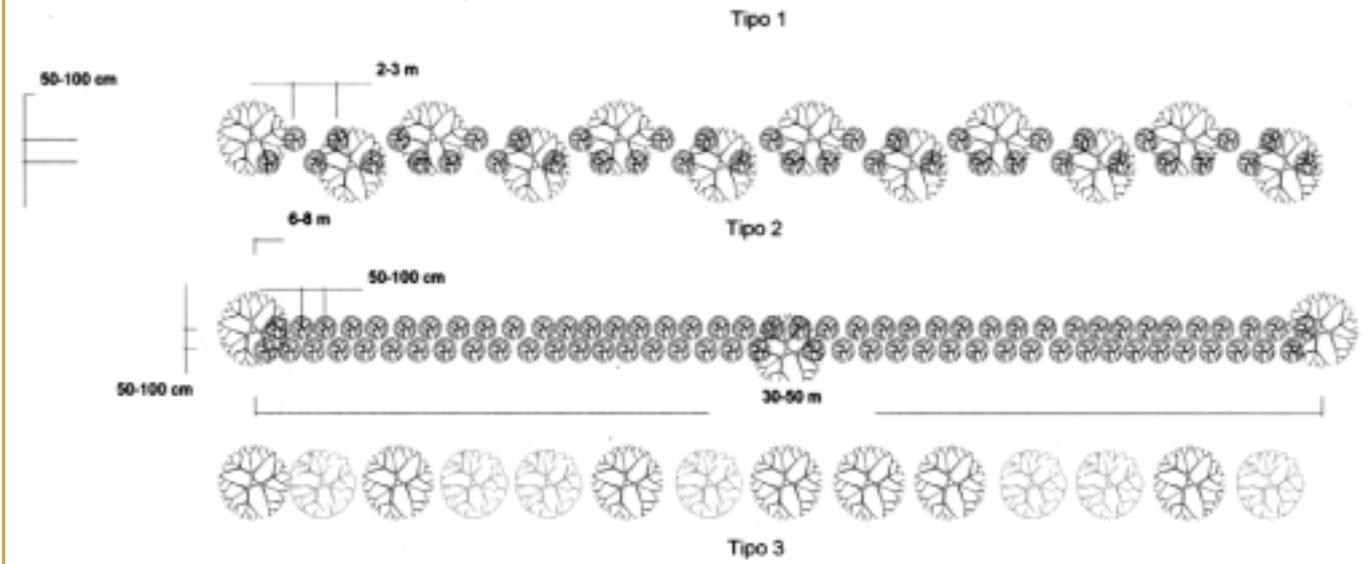
**Commento:** questo tipo di ambienti sono estremamente importanti per la loro funzione ecologica riguardo la diversificazione degli habitat e la protezione dei terreni. Nei terreni privati si può promuovere l'accesso a fondi comunitari (Agenda 2000) da parte dei proprietari.

**Costi dell'intervento:** piantagioni arboree ed arbustive escluso piante *L/cad 4.300*

(Decreto Giunta Regione Marche n°140 6/5/1999)

**Riferimenti:** Regione Marche, Ass. Urbanistica e Ambiente, 1981 – "Schede delle aree floristiche delle Marche".

## VISTA PLANIMETRICA



Rappresentazione schematica per la realizzazione di siepi arboree - arbustive - *disegno fuori scala*



Riserva naturale regionale Comate di Gerfalco (GR) - Indagine ambientale M. Bacci 1997 - Le siepi ed i filari arborei costituiscono un reticolo che struttura visibilmente il paesaggio e che connette tra loro gli elementi di naturalità.

## SCHEDA INTERVENTO DI RINATURALIZZAZIONE 4

### Ripristino della vegetazione erbacea

Studio e ricerca di nuove metodologie in materia di difesa del suolo e miglioramento ambientale:  
proposta per l'attuazione di interventi pilota - Legge N.61/98

**Regione Marche – WWF Italia: Linee guida siti rappresentativi: Fabriano, Fiume Giano**

---

#### **OBBIETTIVI DELL'INTERVENTO: *riqualificazione ambientale, consolidamento del terreno***

**Ambiti d'intervento:** area golenale esondabile in sinistra del fiume Giano.

**Tecniche d'intervento:** movimenti terra, semina di piante erbacee.

**Aree interessate dai lavori:** golene, aree di esondazione del fiume.

**Specie vegetali impiegabili:** miscugli di sementi commerciabili con specie quali Loglio (*Lolium perenne*), Trifoglio (*Trifolium repens*, *T. pratense*), Fienarola (*Poa trivialis*), per un pronto rivestimento del suolo a protezione dall'erosione. Semina di sementi locali anche attraverso ricerca attiva che prevedano possibilmente Orzo selvatico (*Hordeum secalinum*), Trifoglio (*Trifolium micrathum*) e Trisetto (*Trisetum flavescens*), per consentire l'insediamento di specie proprie di questi habitat.

**Materiali necessari:** miscugli commerciali di sementi di specie erbacee, fiorume locale.

**Modalità d'esecuzione:** la semina avviene in primavera (aprile) seguendo le tradizionali metodologie che prevedono la preparazione del terreno tramite appositi modellamenti e un'aratura superficiale, la semina con seminatrici meccaniche, la rullatura e le irrigazioni. Le sementi miste commerciali si trovano facilmente presso i consorzi agrari, mentre le specie locali dovrebbero essere ricercate in zona: in particolare presso Fabriano è stato segnalato un "prato umido" (località Fonte Bastia Bucce presso Fontanaldo) dove sono presenti le specie sopra citate. Si tratta di una zona di elevato interesse floristico (già segnalata nel 1981) dalla quale, compatibilmente con le esigenze di tutela, potrebbe essere possibile prelevare quantitativi limitati di sementi. In concomitanza con il periodo di maturazione delle specie dominanti, può essere prevista una "fienagione" per la raccolta delle piante ricche di semi; successivamente il fieno va setacciato per recuperare i semi che vanno conservati in locali secchi a temperatura ambiente per due/tre mesi (per ridurre il contenuto di acido abscissico che è l'ormone che inibisce la germinazione), dopodiché dovrebbero essere conservati a 4°C possibilmente sempre in ambienti secchi. In questo modo saranno pronti per la semina nella primavera seguente.

**Condizioni e limiti d'intervento:** la ricerca e preparazione delle sementi locali necessita della collaborazione di aziende agricole che abbiano l'esperienza, i mezzi e i locali per completare l'intero ciclo di preparazione. L'operazione potrebbe essere prevista per due anni consecutivi (il secondo solo con le specie locali).

**Evoluzione dell'intervento:** Nel tempo le specie più propriamente autoctone dovrebbero affermarsi sulle altre. La vegetazione potenziale è di tipo azonale (fortemente influenzata dall'azione del fiume e nella quale difficilmente s'instaura una vegetazione "climax", che non sarebbe comunque erbacea) per cui è probabile che le specie erbacee subiscano forti fluttuazioni o siano poi sostituite.

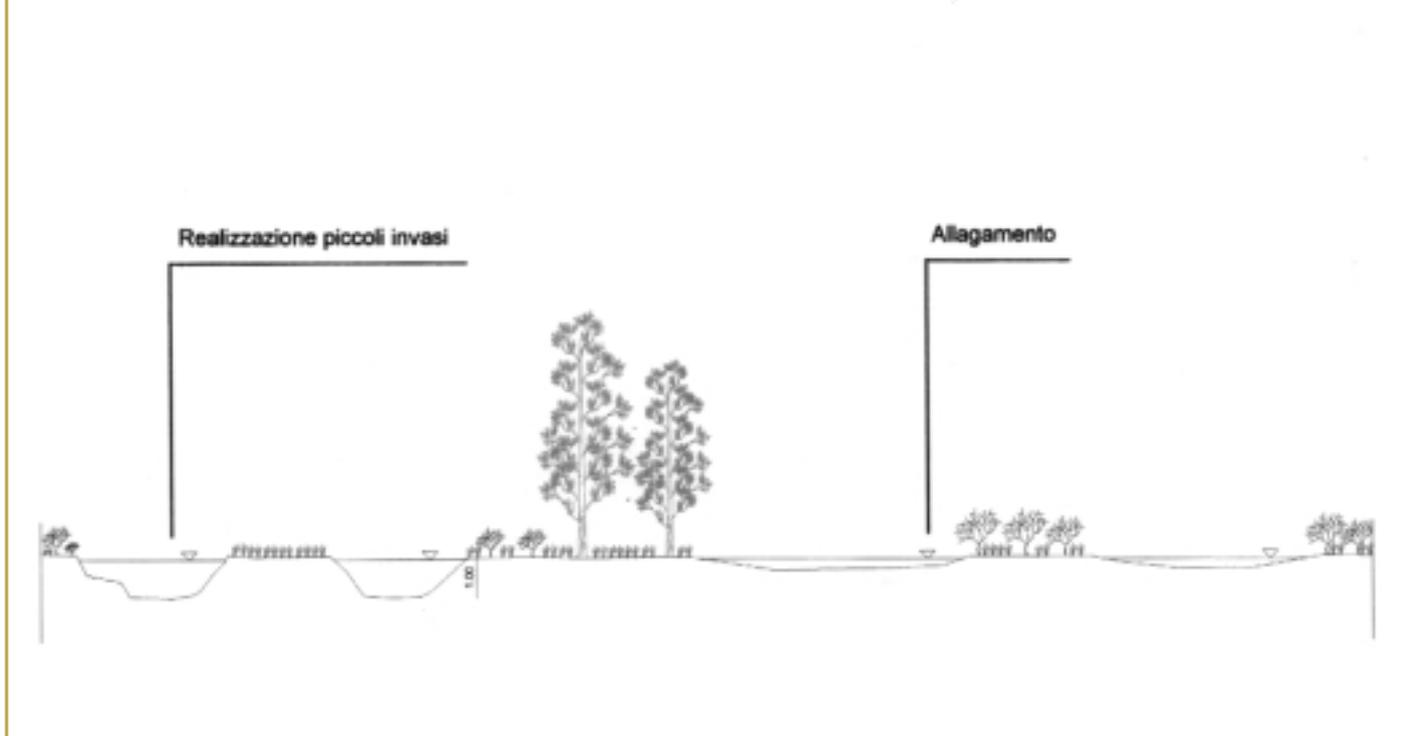
**Aspetti manutentivi:** si può prevedere per il primo anno un taglio della vegetazione erbacea per rinvigorire le pianticelle, e successivamente uno-due sfalci annui per impedire la colonizzazione arbustiva-arborea del prato.

**Commento:** questo intervento, seppur sussidiario all'azione globale sull'ampliamento dell'area di esondazione, consente la promozione di un'azione significativa di riqualificazione ambientale.

**Costi delle tecniche:** scavo di sbancamento *L/mc 4.200*  
(Decreto Giunta Regione Marche n°140 6/5/1999) inerbimento a spaglio *L/mq 800*

**Riferimenti:** Regione Marche, Ass. Urbanistica e Ambiente, 1981 "Schede delle aree floristiche delle Marche".

**FASI DI SVILUPPO DI UNA ZONA A PRATO ALLAGATA**  
Disegno fuori scala



Fasi di sviluppo di una zona a prato allagata



Bacino fiume Elsa - indagine ambientale M. Bacci, 1996.

## SCHEDA INTERVENTO DI RINATURALIZZAZIONE 5

### Realizzazione di habitat per uccelli

Studio e ricerca di nuove metodologie in materia di difesa del suolo e miglioramento ambientale:  
proposta per l'attuazione di interventi pilota - Legge N.61/98

**Regione Marche – WWF Italia: Linee guida siti rappresentativi: Fabriano, Fiume Giano**

**OBBIETTIVI DELL'INTERVENTO:** *favorire l'insediamento di una colonia di rondini riparie o topini (Riparia riparia), diversificare ed arricchire gli habitat ripari.*

**Ambiti d'intervento:** sponda in erosione in destra del fiume Giano, subito a valle del tratto fluviale meandriforme soggetto ad interventi idraulico-ambientali.

**Tecniche d'intervento:** modellamenti morfologici per costituire una scarpata su terreni sedimentari.

**Aree interessate dai lavori:** sponde o argini in erosione.

**Modalità d'esecuzione:** è necessario costituire pareti ripide con pendenza fino a 90°, di una lunghezza almeno di 20 metri e un'altezza di almeno 3 metri che possono essere formate dove la scarpata tra il piano campagna e l'area di esondazione si avvicina di più alla sponda. La scarpata può essere ricavata in seguito all'allargamento dell'area di esondazione variando semplicemente la pendenza del gradino e senza procedere alla forestazione della fascia interessata da questo intervento. Può essere prevista la preparazione di "nidi artificiali" mediante la posa di tubi in polietilene di 100 cm di lunghezza e di 10 cm di diametro (rif. 1).

**Condizioni e limiti d'intervento:** l'intervento deve essere realizzato in un'area dove il rischio idrogeologico è molto basso e dove l'eventuale erosione delle acque non provoca particolari danni.

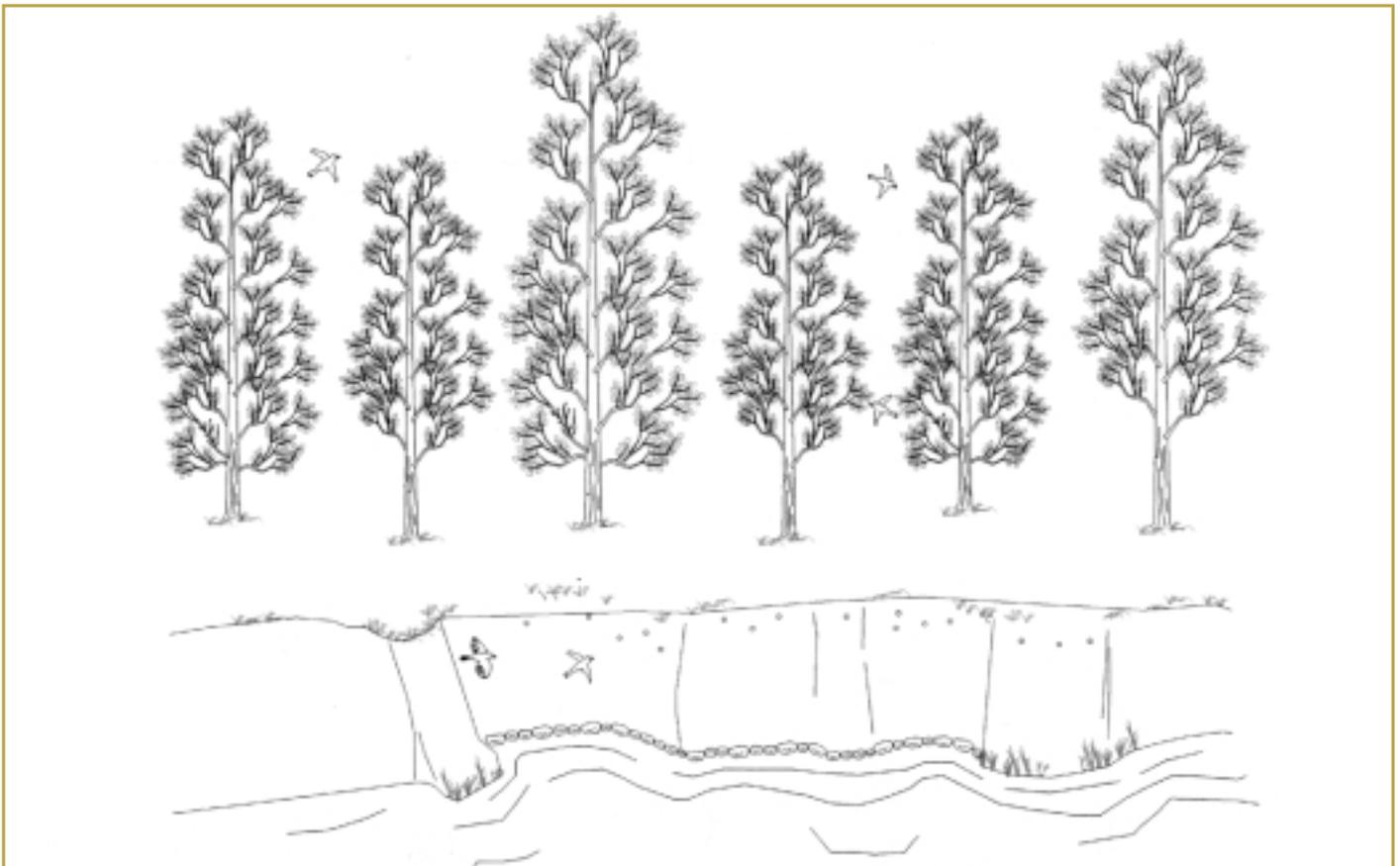
**Evoluzione dell'intervento:** l'evoluzione delle colonie può variare per il carattere effimero delle pareti su cui vengono scavate

**Aspetti manutentivi:** è bene mantenere la fascia antistante la scarpata con vegetazione erbacea bassa e/o falciata periodicamente.

**Note:** la rondine riparia (Riparia riparia) è una specie che nidifica in colonie costituite da un numero spesso alto di nidi scavati in pareti sedimentarie, soprattutto sulle sponde ed argini dei fiumi ma anche in siti artificiali come mucchi di sabbia e sbancamenti. I bacini fluviali del medio alto Adriatico sono ambienti adatti alla nidificazione (rif. 2). E' significativo un intervento per questa specie in quanto in Italia è in decremento (rif. 3)

**Costi delle tecniche:** scavo di sbancamento *L/mc 4200*  
(Decreto Giunta Regione Marche n°140 6/5/1999)

**Riferimenti:** Andrews J., Kinsman D., 1990- Gravel pit restoration for wildlife. A practical manual - RSPB; INFS, 1993 – Atlante degli uccelli nidificanti in Italia – Suppl. Ricerche di Biologia della selvaggina, Vol. XX; Tucker G.M., Heath F., Tomialojc' L., Grimmett, 1994 – Birds in Europe. Their conservation status – Birdlife International



Esempio di habitat per uccelli - tratto da: Malcevschi S., Bisogni L.G., Gariboldi A.. "Reti ecologiche ed interventi di miglioramento ambientale" - Il Verde Editoriale, Milano 1996.



Oasi Naturalistica di Orbetello (GR) - Progetto WWF Italia - sponda con nidificazioni riparie.

## SCHEDA INTERVENTO DI RINATURALIZZAZIONE 6

### Formazione di zone umide perfluviali

Studio e ricerca di nuove metodologie in materia di difesa del suolo e miglioramento ambientale:  
proposta per l'attuazione di interventi pilota - Legge N.61/98

**Regione Marche – WWF Italia: Linee guida siti rappresentativi: Fabriano, Fiume Giano**

**OBBIETTIVI DELL'INTERVENTO:** *diversificazione dell'ambiente e costituzione di habitat per flora e fauna autoctona.*

**Ambiti d'intervento:** zona di pertinenza fluviale ampliata in sinistra idraulica del fiume Giano.

**Tecniche d'intervento:** modellamento morfologico e messa a dimora di vegetazione igrofila erbacea.

**Aree interessate dai lavori:** aree di esondazione

**Specie vegetali impiegabili:** Phragmites australis, Typha spp., Carex spp., Juncus spp.

**Materiali necessari:** piante erbacee igrofile.

**Modalità d'esecuzione:** possono essere realizzate vari tipi di zone umide perfluviali in relazione all'ampiezza delle aree di esondazione, ai tracciati dei paleoalvei, alla costituzione di particolari condizioni per l'insediamento di specie floristiche o faunistiche significative:

1. *Acquitrini per limicoli.* Possono essere realizzate depressioni ( dai 50 mq in su) con profondità variabili da 0 a 40 cm, per favorire il ristagno d'acqua e l'insediamento di vegetazione erbacea igrofila. Si tratta di habitat adatti alla sosta di uccelli limicoli (Piro piro, Corrieri piccoli, Beccaccini...). E' possibile formare piccole macchie di vegetazione erbacea igrofila (Carex spp., Juncus spp.) che consentono una più rapida colonizzazione e favoriscono l'utilizzo di questi ambienti da parte dell'ornitofauna.
2. *Pozze per anfibi.* Possono essere formati dei piccoli specchi d'acqua con il principale scopo di favorire la riproduzione di anfibi. Misure minime sono costituite da un'ampiezza di 10 metri quadri e una profondità media di 50/80 cm, con una parte più profonda al centro o, meglio, su un lato, e diversi "gradini" (20 cm di dislivello ciascuno) a scalare dalla superficie. Le dimensioni dello stagno devono essere funzionali al mantenimento di contenute variazioni di livello dell'acqua nel periodo di riproduzione e di metamorfosi degli anfibi; è quindi indispensabile o provvedere a una impermeabilizzazione del fondo o al modellamento dello stagno in relazione al regime di magra in modo da garantire sempre un livello dell'acqua sufficiente con lo scopo dello stagno (rif. 2). Nello stagno possono essere messe a dimora specie vegetali idrofite (Myriophyllum spicatum, Ceratophyllum demersum, Nymphaea alba) e igrofile (Phragmites australis, Typha spp., Carex spp., Juncus spp). Le specie che possono essere favorite sono il Tritone crestato (Triturus carnifex), il Tritone punteggiato (Triturus vulgaris), la Rana agile (Rana italica) e il rospo comune (Bufo bufo).
3. *Ripristino lanche o paleoalvei.* Dalla lettura della morfologia fluviale è possibile localizzare i paleoalvei o i meandri abbandonati e poi chiusi artificialmente. Possono essere così riformati specchi d'acqua sui vecchi corsi fluviali, garantendo una profondità massima pari alla profondità dell'attuale alveo del fiume, modellando la sezione secondo quella corrispondente al passato deflusso delle acque (sponda dolce verso l'interno della curva – zona di deposito - e sponda ripida verso l'esterno – zona d'erosione -). Si può provvedere a creare una connessione diretta con il fiume che può consentire un più frequente rimescolamento delle acque e un rallentamento naturale del processo d'interramento; l'alimentazione idrica può comunque essere garantita dal collegamento di prima falda. La lanca si rivegeterà naturalmente; in qualche caso può essere prevista la messa a dimora di piante di terra contenenti rizomi di vegetazione erbacea igrofila (rif.1).

Condizioni e limiti d'intervento: il principale fattore limitante è costituito dalla disponibilità d'acqua, per cui è necessario che la progettazione tenga conto del regime idraulico del fiume.

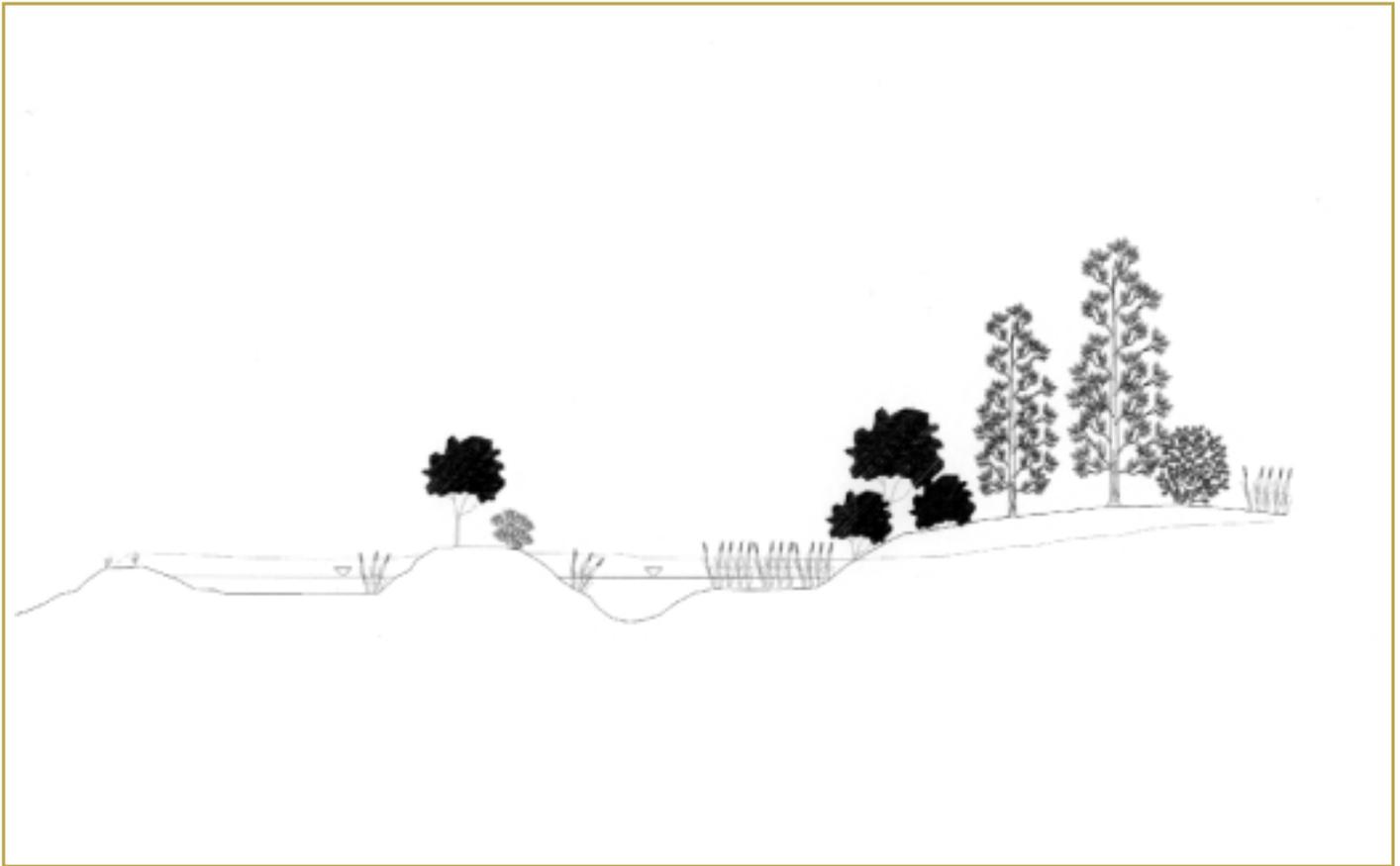
**Evoluzione dell'intervento:** le zone umide neofornate tenderanno ad evolversi naturalmente secondo un tipico processo d'interramento caratterizzato dalla graduale sostituzione della vegetazione idrofila con quella idrofita fino alla chiusura dell'intero specchio d'acqua. Questo processo è estremamente variabile in quanto dipende da fattori morfologici, idrodinamici e biologici.

**Aspetti manutentivi:** generalmente dopo alcuni anni (a seconda del tipo di intervento) vi può essere la necessità di controllare l'interramento e mantenere gli specchi d'acqua aperti, mediante sfalcio e asportazione della vegetazione igrofila erbacea.

**Costi delle tecniche:** scavo di sbancamento L/mc 4200

(Decreto Giunta Regione Marche n°140 6/5/1999)

**Riferimenti:** Agapito Ludovici A., 1992, "Il recupero delle lanche" in "Tutela e gestione degli ambienti fluviali" WWF, serie Atti e Studi n° 8; Ferri V., 1990, "Anfibi e rettili in Lombardia" Delegazione WWF Lombardia, Commissione Conservazione, Quad. 5/90



Schema rappresentativo della creazione di una zona umida perifluviale attraverso la realizzazione di piccoli invasi: si può notare la successione vegetazionale dal canneto alle specie arboree.



Oasi Naturalistica 'Le Bine', 1999 (MN) - Progetto WWF Italia. La presenza contigua di diversi orizzonti e di diversi tipi di vegetazione garantisce la ricchezza e complessità dell'ecosistema.

## SCHEDA INTERVENTO DI RINATURALIZZAZIONE 7

### Riqualificazione di aree invase a monte di briglie

Studio e ricerca di nuove metodologie in materia di difesa del suolo e miglioramento ambientale:  
proposta per l'attuazione di interventi pilota - Legge N.61/98

#### Regione Marche – WWF Italia: Linee guida siti rappresentativi: Massaprofoglio

##### **OBBIETTIVI DELL'INTERVENTO: *riqualificazione aree a monte delle briglie in legname***

**Ambiti d'intervento:** nelle pozze edificate da briglie e soglie di fondo sull'affluente in destra del torrente S. Angelo

**Tecniche d'intervento:** messa a dimora di alberi e arbusti e di vegetazione erbacea igrofila.

**Aree interessate dai lavori:** zone di deposito a monte delle briglie in legname

**Specie vegetali impiegabili:** Pioppo nero (*Populus nigra*), Pioppo bianco (*Populus alba*), Salice bianco (*Salix alba*), Ontano (*Alnus glutinosa*), carici (*Carex spp*), Iris giallo (*Iris pseudacorus*), Rorippa (*Rorippa amphibia*), tifa (*Typha latifolia*), cannuccia di palude (*Phragmites australis*).

**Materiali necessari:** piante radicate, talee, rizomi.

**Modalità d'esecuzione:** nelle aree di deposito del materiale fine a monte delle briglie in legname, vengono messi a dimora alberi e arbusti con radice e pani di terra con vegetazione erbacea igrofila. Alberi e arbusti possono essere sistemati prevalentemente verso la sponda favorendo l'insediamento di vegetazione erbacea igrofila negli spazi più aperti.

##### **Condizioni e limiti d'intervento:**

**Evoluzione dell'intervento:** le specie messe a dimora dovrebbero far evolvere le associazioni vegetazionali consentendo una stratificazione che dalle specie idrofite e elofite conduce sino a formazioni arbustivo-arboree

**Aspetti manutentivi:** possono essere necessari interventi di controllo della vegetazione per evitare problemi di interrimento nei bacini più piccoli o più problematici. Nel caso, sono da prevedere operazioni di sfalcio annuali con rimozione del materiale di risulta.

**Commento:** l'intervento dovrebbe migliorare la diversificazione ambientale.

**Costi delle tecniche:** piantagioni arboree ed arbustive escluso piante *L/cad 4.300*

(Decreto Giunta Regione Marche n°140 6/5/1999)

**Riferimenti:** Lewis G., Williams G., 1984 "River and wildlife handbook. A guide to practices which further the conservation of wild-life in rivers" RSPB, RSNC (pp.93)

Differenziazione e arricchimento della vegetazione ripariale con introduzione di piante elofite e di zolle di canneto

### ASSONOMETRIA



Differenziazione e arricchimento della vegetazione ripariale con introduzione di piante.



Lago di Porta (MS) - Progetto IRIS, 1995. Situazione articolata della vegetazione riparia in una depressione acquitrinosa, così come si dovrebbe riedificare in pozze o piccoli bacini artificiali.

## SCHEDA INTERVENTO DI RINATURALIZZAZIONE 8

### Riforestazione

Studio e ricerca di nuove metodologie in materia di difesa del suolo e miglioramento ambientale:  
proposta per l'attuazione di interventi pilota - Legge N.61/98

#### Regione Marche – WWF Italia: Linee guida siti rappresentativi: Massaprofoglio

**OBBIETTIVI DELL'INTERVENTO:** *migliorare la capacità di ritenzione superficiale da parte della vegetazione.*

**Ambiti d'intervento:** coltivi ed incolti al di sopra dell'abitato, scarpate o bordi di terrazzamenti attualmente non coltivate.

**Tecniche d'intervento:** messa a dimora di piante a radice nuda o con pani di terra.

**Aree interessate dai lavori:** aree agricole marginali, incolti.

**Specie vegetali impiegabili:** Roverella (*Quercus pubescens*), Orniello (*Fraxinus ornus*), Carpino nero (*Ostrya carpinifolia*), Acero campestre (*Acer campestre*), Salice bianco (*Salix alba*), Maggiociondolo (*Laburnum anagyroides*), Biancospino (*Crataegus monogyna*), Nocciolo (*Corylus avellana*), Sanguinello (*Cornus sanguinea*), Olmo (*Ulmus minor*).

**Materiali necessari:** piante vive e mezzi per la messa a dimora e la manutenzione.

Modalità d'esecuzione: è necessario tracciare il sesto d'impianto, provvedere alla realizzazione delle buche con misure diverse a seconda se sono piante a radice nuda e/o con pane di terra (buche di diametro medio tra 50 e 100 cm e profondità massima 60 – 80 cm) o astoni (buche con diametro di circa 50 cm e profondità sino ad 1 metro). Può essere realizzata una pacciamatura con materiale degradabile.

**Condizioni e limiti d'intervento:** un problema può essere costituito dall'acquisizione o utilizzo produttivo dei terreni. E' necessario prevedere o forme d'indennizzo per i proprietari o forme di coinvolgimento nella gestione.

**Evoluzione dell'intervento:** le aree rimboschite potranno essere in parte destinate a ceduo ed altre lasciate all'evoluzione naturale.

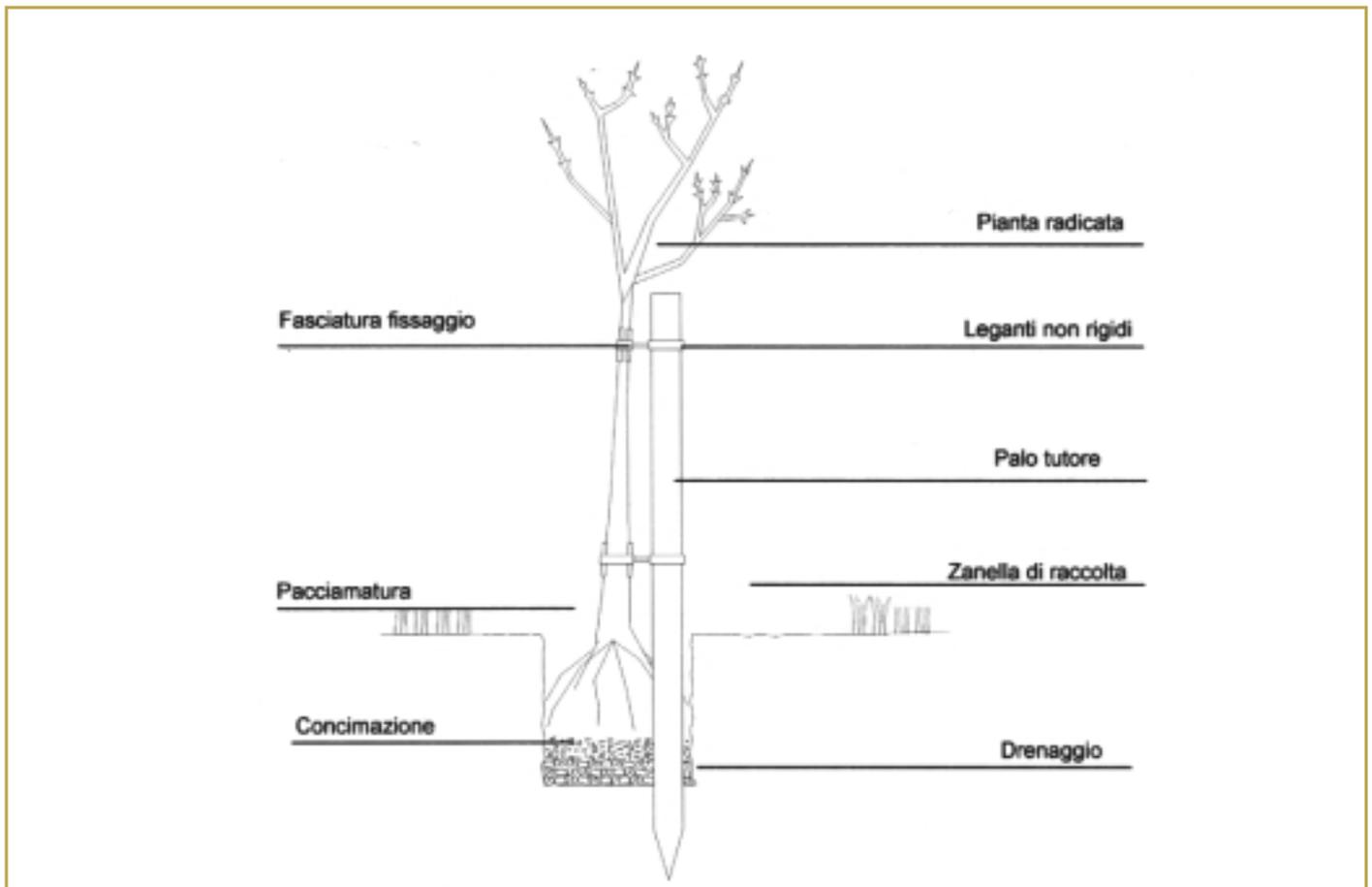
**Aspetti manutentivi:** per i primi tre anni dall'impianto è necessario provvedere a irrigazione di soccorso, alla sostituzione delle piante morte, alla pulizia della vegetazione infestante a ridosso degli alberi e arbusti piantati.

**Commento:** nei terreni privati si può promuovere l'accesso a fondi comunitari (Agenda 2000) da parte dei proprietari

**Costi delle tecniche:** piantagioni arboree ed arbustive escluso piante *L/cad 4.300*

(Decreto Giunta Regione Marche n°140 6/5/1999)

**Riferimenti:** Regione Marche, Assessorato all'Urbanistica e all'Ambiente, 1981 – "Schede delle aree floristiche delle Marche".



Criteria di messa a dimora di esemplari radicali o in zolla



Lago di Porta (MS) - Progetto IRIS, 1999. Piantagioni su rilevati addossati ad argini, con specie più tolleranti l'aridità dei salici che formeranno boschi maturi di latifoglie (aceri, ciliegi, querce, frassini).







**Info:**

WWF ITALIA - ONLUS 00198 Roma Via Po 25/c  
Redazione "Attenzione"  
Tel. 06.84497455 - Fax 06.84497212

Unità Progetti Sostenibilità  
Tel. 06.84497331- Fax 06.84497212