

**LINEE GUIDA ALLA PROGETTAZIONE  
DEGLI INTERVENTI  
DI INGEGNERIA NATURALISTICA  
NELLE MARCHE**

Supervisione

- Paolo Cornelini, Ingegnere e Naturalista, vicepresidente AIPIN

Coordinamento

- Paolo Giacchini, Biologo, Presidente AIPIN Marche
- Mario Memè, laureato in Scienze Geologiche, segretario AIPIN Marche

Gruppo di lavoro

- Gigliola Alessandroni, Geologo
- Michela Baiocco, Agronomo, consigliere AIPIN Marche
- Esperio Crinelli, Geometra
- Emanuele Dini, consulente ambientale
- Francesco Giambartolomei, Geologo, consigliere AIPIN Marche
- Antonello Loiotile, Agronomo
- Lucia Maracci, Ingegnere
- Luigi Paradisi, laureato in Scienze Naturali
- Angelo Recchi, Agronomo, vicepresidente AIPIN Marche

*Si ringrazia per la collaborazione:*

Roberto Gattoni, Fabio Palmeri, Marco Mattioli

---

Finito di stampare dalla Tipografia Luce di Osimo (An)  
nel mese di marzo 2010

## INDICE

<b>PRESENTAZIONE</b>	<b>5</b>
<b>INTRODUZIONE</b>	<b>7</b>
<b>1. DEFINIZIONE</b>	<b>9</b>
<b>2. FINALITÀ E DEONTOLOGIA</b>	<b>11</b>
2.1 Finalità	11
2.2 Deontologia professionale	12
<b>3. MATERIALI</b>	<b>13</b>
3.1 Materiali geotessili, naturali e sintetici, per l'ingegneria naturalistica	14
<b>4. TIPOLOGIE DI INTERVENTO</b>	<b>23</b>
<b>5. CRITERI PROGETTUALI</b>	<b>25</b>
5.1 Peculiarità degli interventi di Ingegneria Naturalistica	25
5.2 Ruolo delle piante nella protezione idrogeologica	26
5.3 Criteri di scelta dei materiali vegetali	28
<b>6. SPECIE VEGETALI DA IMPIEGARE NELLE MARCHE</b>	<b>29</b>
6.1 Lineamenti vegetazionali delle Marche	29
6.2 Caratteristiche bioclimatiche	30
6.3 Analisi botaniche necessarie per la scelta delle specie da utilizzare negli interventi di Ingegneria Naturalistica	32
6.4 Indicazione sugli inerbimenti	36
<b>7. L'INGEGNERIA NATURALISTICA NEGLI AMBITI IDROGRAFICI</b>	<b>43</b>
7.1 Criteri di studio	43
7.2 Principi generali	45
7.3 Sistemazioni fluviali: casistica di intervento	45
7.4 Interventi operativi	48
<b>8. L'INGEGNERIA NATURALISTICA NEI VERSANTI COLLINARI</b>	<b>51</b>
8.1 Caratteristiche morfologiche e geologiche delle Marche	51
8.2 Analisi per la valutazione di un evento franoso	52
8.3 Campi d'applicazione dell'Ingegneria Naturalistica	54
8.4 Approccio geotecnico	56
<b>9. RECUPERO AMBIENTALE DI AREE DEGRADATE: IL CASO DELLE CAVE</b>	<b>59</b>
9.1 Cave di collina e di montagna	59
9.2 Cave di pianura	63
9.3 Scavo, conservazione e riporto del terreno vegetale	65
9.4 Opere di drenaggio	66
9.5 Scelta delle specie vegetali	66
<b>10. LE INFRASTRUTTURE E GLI ECOSISTEMI-FILTRO</b>	<b>67</b>
10.1 Rinaturalizzazione di scarpate stradali e ferroviarie	68
10.2 Opere di sostegno	69
10.3 Realizzazione di fasce tampone o buffer strip al margine di infrastrutture lineari	70
10.4 Barriere fonoassorbenti	70
<b>11. MONITORAGGIO E MANUTENZIONE DELLE OPERE DI INGEGNERIA NATURALISTICA</b>	<b>73</b>
11.1 Ciclo di vita di un'opera di ingegneria naturalistica	73
11.2 Attività di monitoraggio	74
11.3 Attività di manutenzione	76
11.4 La manutenzione delle componenti vegetali	78
11.5 La manutenzione nel settore delle opere pubbliche	81
<b>12. ASPETTI AMMINISTRATIVI</b>	<b>83</b>
12.1 Progettazione	83
12.2 Appalto	84
12.3 Collaudo	84
<b>13. NORMATIVA NAZIONALE E REGIONALE DI RIFERIMENTO</b>	<b>85</b>
<b>14. BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO</b>	<b>91</b>
<b>ALBUM FOTOGRAFICO</b>	<b>97</b>



---

## PRESENTAZIONE

Da anni la Sezione Marche dell'AIPIN lavora alacremente sul fronte didattico – professionale con una serie di iniziative periodiche di alto livello, quali soprattutto i corsi dell'Università del Bosco di Ca' I Fabbri. Ormai l'area protetta della Gola del Furlo è disseminata di interventi campione di tecniche di Ingegneria Naturalistica realizzati dai corsisti e può essere considerata una sorta di museo all'aperto.

Grazie alla Sezione, la cultura dell'IN si è diffusa nelle Marche; vanno citati i numerosi progetti di sistemazione idraulica realizzati dalla Provincia di Pesaro e Urbino, ormai datati e oggetto di periodici monitoraggi di verifica.

La presente linea guida va considerata come un punto di convergenza di esperienze pluriennali in costante adeguamento ed aggiornamento, tarato non solo sul piano locale ma anche nazionale ed internazionale. Il volume è di evidente utilità sul piano professionale e operativo ed è da considerare un importante servizio a testimonianza di una attività minuziosa e tenace di cui vanno ringraziati i colleghi dell'AIPIN e quanti hanno collaborato alla stesura.

Il Presidente Nazionale AIPIN  
Giuliano Sauli

Il Vicepresidente Nazionale e Presidente Sezione Lazio AIPIN  
Paolo Cornellini



---

## INTRODUZIONE

A distanza di oltre 5 anni esce la nuova edizione, rivista, corretta ed aggiornata delle Linee Guida alla progettazione delle opere di Ingegneria Naturalistica nelle Marche.

Il continuo aggiornamento ed evolversi delle tecniche e dell'approccio alla materia hanno infatti reso necessaria questa revisione.

Anche in questa occasione il gruppo di lavoro è folto e qualificato, con la partecipazione di numerosi professionisti, ognuno con la propria professionalità nel nome della multidisciplinarietà, tanto cara alla nostra Associazione, nonché ai canoni della moderna progettazione e pianificazione sul territorio.

Nuovi capitoli si sono aggiunti al precedente lavoro, con interessanti ed innovativi, per le Marche, approfondimenti nei diversi ambiti.

La speranza è che questo lavoro non rimanga sulla carta, ma partecipi sempre più a quel processo di acquisizione di competenze e conoscenze appropriate per una corretta gestione e pianificazione del territorio.

Oggi più che mai ne abbiamo bisogno.

Non basta sapere che una sola terra abbiamo da custodire e preservare. Dobbiamo anche pensare a come mettere in pratica una buona gestione per non comprometterne la sua stessa esistenza. Il nostro piccolo contributo vuole essere a servizio di quanti, tecnici, professionisti, amministratori, vogliano fare uso di tecniche a basso impatto ambientale, come le tecniche di ingegneria naturalistica.

Per questo auspichiamo che soprattutto gli enti pubblici, a cui è demandata la gestione del nostro territorio, possano sempre più essere sensibili all'utilizzo di queste tecniche, come in parte già sta avvenendo, e soprattutto perseguire una buona esecuzione delle stesse.

Si parla di ingegneria naturalistica da oltre dieci anni nelle Marche.

È tempo che, terminata la fase di rodaggio e "svezzamento", si cominci veramente a realizzare interventi di gestione a basso impatto ambientale, tecnicamente ineccepibili e durevoli nel tempo.

Con questa pubblicazione, cogliamo anche l'occasione per farci gli auguri per i primi 10 anni della nostra sezione.

Il lavoro si è svolto attraverso una serie di incontri tra i componenti, al fine di individuare i temi di approfondimento. Ogni professionista ha poi contribuito con un proprio elaborato, integrando ed aggiornando il precedente lavoro. Tale elaborato non può e non vuole esaurire le problematiche trattate, ma rappresenta un approccio destinato ad essere aggiornato periodicamente sulla base dell'evoluzione della scienza, della tecnica e delle norme in vigore.

*Il Presidente AIPIN Marche*

Paolo Giacchini



## 1. DEFINIZIONE

In Italia, sino alla fine degli anni '80, l'insieme delle sistemazioni del suolo e dei corsi d'acqua con l'impiego delle piante vive come materiale da costruzione, le tecniche per incrementare la complessità e la diversità degli ecosistemi degradati (capaci a loro volta di innescare processi per una maggiore stabilità e miglioramento dell'ambiente e del paesaggio), che riproducevano e perfezionavano tecniche consolidate da molto tempo nella gestione idraulico-forestale dei territori montani, venivano chiamate in vario modo a seconda delle circostanze, con i seguenti termini: bioingegneria, bioingegneria naturalistica, bioingegneria forestale, ingegneria biologica, biotecnica (vegetale), ingegneria vegetale, bioingegneria vegetale, ingegneria naturalistica, biotecniche naturalistiche, fitoingegneria.

Solo a partire dal 1989 con la fondazione dell'Associazione Italiana per l'Ingegneria Naturalistica (AIPIN), seguendo l'esempio avvenuto in Germania nel 1980 con la fondazione della "Gesellschaft für Ingenieurbiologie", e poi con il Primo Congresso di Ingegneria Naturalistica di Torino del 1990, si viene a codificare in Italia la definizione del termine "Ingegneria Naturalistica" quale traduzione del tedesco "Ingenieurbiologie".

Attualmente la definizione più appropriata del termine "Ingegneria Naturalistica" è quella specificata nella premessa del "Codice deontologico e forme di tutela professionale dell'Associazione Italiana per l'Ingegneria Naturalistica"<sup>1</sup>:

---

Il termine Ingegneria Naturalistica viene inteso come equivalente del tedesco "Ingenieurbiologie".

Per **Ingegneria Naturalistica** si intende la **disciplina tecnico-naturalistica che utilizza:**

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

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

---

Questa tecnica, quindi, utilizza piante o parti vive di esse (talee, semi, ecc), materiali biodegradabili di origine naturale (legname, fibre e biostuoie di cocco, juta, paglia, ecc.), altri materiali quali pietrame, acciaio (tondini, reti, chiodi, cambre), additivi (bitume, collanti), prodotti di origine sintetica in diverse combinazioni (geotessili).

Essa mira a

- limitare l'azione erosiva degli agenti meteorici
- effettuare il consolidamento
- accelerare i processi naturali di reinserimento naturalistico delle aree di intervento, utilizzando le caratteristiche biotecniche di alcune specie vegetali, come:
  - ∞ la capacità di sviluppo di un considerevole apparato radicale
  - ∞ l'elevata capacità di propagazione vegetativa

---

<sup>1</sup> Il Codice Deontologico è stato approvato dall'assemblea generale ordinaria dell'AIPIN tenutasi a Roma il 21 febbraio 1997.



## 2. FINALITÀ E DEONTOLOGIA

### 2.1 Finalità

Le principali finalità degli interventi di Ingegneria Naturalistica sono:

<b>tecnico-funzionali</b>	riduzione del rischio di dissesto idrogeologico, consolidamento del terreno, protezione dall'erosione (sia di pendii sia dei corsi d'acqua), sistemazione idrogeologica diffusa del territorio ed aumento della ritenzione delle precipitazioni meteoriche
<b>ecologico-naturalistiche</b>	gli interventi di ingegneria naturalistica preparano, riparano e ricostruiscono i processi vitali di ecosistemi a diverso grado di naturalità utilizzando anche particolari accorgimenti per garantire la continuità degli habitat, come rampe per pesci, sottopassi, sovrappassi, ecc.
<b>paesaggistiche</b>	gli interventi di ingegneria naturalistica impiegano i materiali naturali del luogo e determinano processi pseudo-spontanei di riedificazione ambientale ed ecologica; il risultato finale è l'integrazione con il paesaggio in cui si collocano, integrando componenti naturali e componenti antropiche
<b>economiche</b>	gli interventi di ingegneria naturalistica (quando attuabili) sono competitivi e alternativi rispetto alle opere tradizionali di ingegneria civile e di geotecnica, soprattutto tenendo presente i costi di manutenzione (calcolati sulla durata dell'intero ciclo di vita dei manufatti) e i benefici ecologici e naturalistici creati contestualmente con gli interventi stessi
<b>socio-economiche</b>	gli interventi di ingegneria naturalistica determinano un beneficio sociale (sotto forma sia di sviluppo dell'occupazione nelle aree collinari e montane sia come miglioramento della qualità dell'ambiente vissuto) e contribuiscono alla gestione economica ed ecocompatibile delle risorse naturali secondo i principi dello sviluppo sostenibile (Agenda XXI 1992, Carta di Aalborg 1994, Conferenza di Kyoto 1997, Codice di qualità energetico ambientale di edifici e spazi aperti 1999, Carta di Napoli 1999, Convenzione Europea per il Paesaggio 2000, ecc.)

Per il raggiungimento di questi obiettivi, l'ingegneria naturalistica mette a disposizione diverse tecniche particolarmente efficaci per la sistemazione dei corsi d'acqua e dei versanti, limitando l'azione erosiva degli agenti meteorici ed effettuando il consolidamento, assieme al reinserimento naturalistico e miglioramento paesaggistico, di scarpate e superfici degradate da fattori naturali (dissesto idrogeologico) o antropici (cave, discariche, opere infrastrutturali).

In particolare tali tecniche consentono di realizzare:

- il consolidamento di sponde di corpi d'acqua correnti e stagnanti;
- il consolidamento di versanti naturali soggetti a dissesti idrogeologici;
- il consolidamento di rilevati e trincee di infrastrutture (strade, ferrovie ecc.);
- il consolidamento e la riqualificazione di fronti di cava e discariche;
- barriere visive e mascheramenti vegetali;
- barriere antirumore mediante rilevati rinverditati;
- barriere vegetali per combattere la diffusione di polveri ed aerosol;
- ecosistemi-filtro a valle di scarichi idrici;
- sistemazioni temporanee o permanenti di aree di cantiere;
- nuove unità ecosistemiche in grado di aumentare la biodiversità locale o territoriale e/o di offrire fruizioni di tipo naturalistico;
- nuove strutture ambientali in grado di garantire la permanenza e la mobilità della fauna protetta (ad es. scale di risalita per pesci).

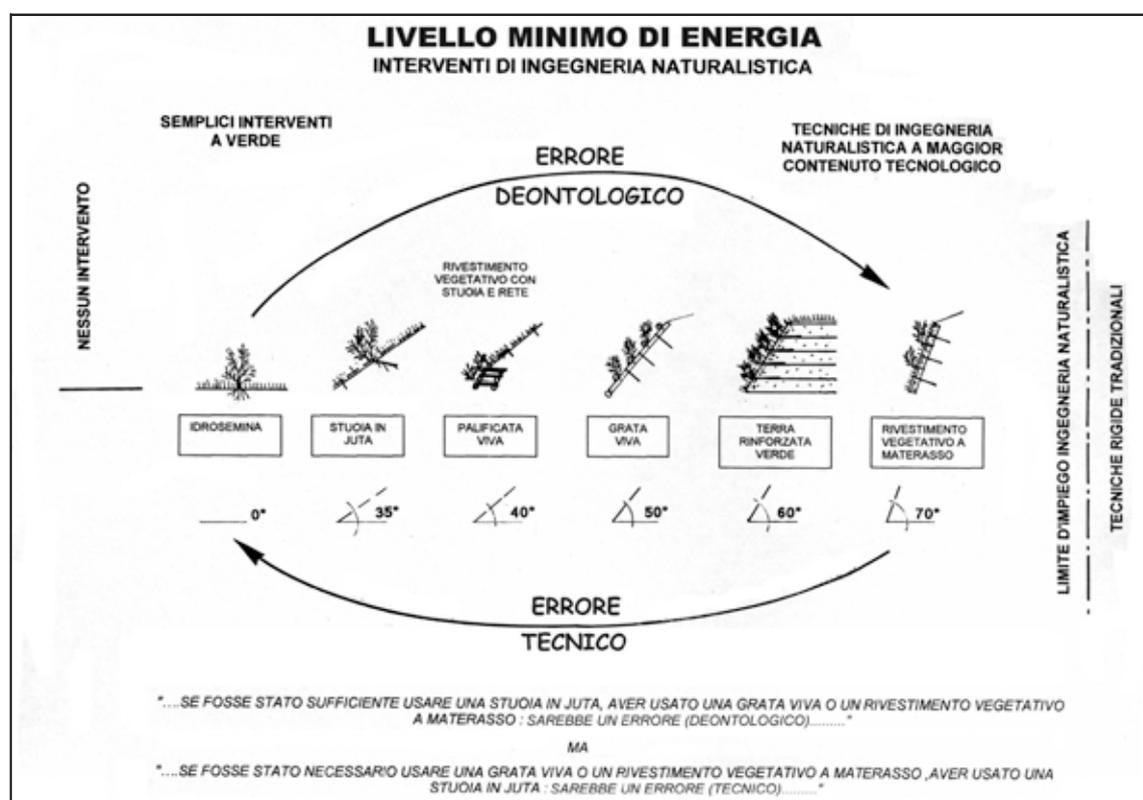
## 2.2 Deontologia professionale

L'AIPIN ha approvato ed adottato sin dal 1997 un proprio Codice Deontologico e forme di tutela professionale (testo completo sul sito [www.aipinmarche.it/codice-deontologico.htm](http://www.aipinmarche.it/codice-deontologico.htm)).

### Principi di base

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

Esemplificativo al riguardo è lo schema proposto nel Manuale di Ingegneria Naturalistica applicabile ai settori delle strade, cave, discariche e coste sabbiose (Regione Lazio, 2003) che pone in evidenza il concetto dell'errore deontologico (uso di tecniche a maggior livello di energia di quello effettivamente necessario) e dell'errore tecnico (uso di tecniche a minor livello di energia di quello effettivamente necessario).



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

### Obblighi professionali

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

Art. 17 - Il socio AIPIN deve cercare di fornire il più alto livello professionale in ogni situazione o contingenza. Deve inoltre curare particolarmente il proprio aggiornamento professionale per garantire una elevata qualità nello svolgimento dell'incarico affidatogli.

### 3. MATERIALI

Lucia Maracci

I materiali per l'ingegneria naturalistica si differenziano rispetto a quelli utilizzati nelle correnti opere di ingegneria civile e di geotecnica non tanto nel tipo, quanto nelle modalità d'impiego, nelle caratteristiche prestazionali e quindi nel risultato finale.

Tab. 1 - Materiali impiegati nelle varie tecniche di ingegneria naturalistica.

Materiali vegetali vivi	<ul style="list-style-type: none"> <li>- sementi</li> <li>- talee</li> <li>- propaggini</li> <li>- piote</li> <li>- zolle inerbite</li> <li>- specie erbacee, arbustive, arboree</li> </ul>	i materiali vegetali vivi sono per definizione gli elementi fondamentali di ogni tecnica di ingegneria naturalistica; si impiegano in vario modo, spesso in associazione, per sfruttare nel migliore dei modi le loro capacità tecniche
Terreno	<ul style="list-style-type: none"> <li>- terreno</li> <li>- compost</li> <li>- terricciati</li> </ul>	il terreno costituisce il substrato di crescita della vegetazione e il materiale da costruzione più comune; le tecniche prevedono la modellazione del suolo e la modifica delle varie caratteristiche pedologiche (struttura, porosità, fertilità, ecc.) e/o geotecniche (portanza, permeabilità, ecc.)
Inerti	<ul style="list-style-type: none"> <li>- sabbia</li> <li>- ghiaia</li> <li>- ciottoli</li> <li>- pietre</li> <li>- concii lavorati</li> <li>- blocchi</li> <li>- massi ciclopici</li> </ul>	gli inerti vengono impiegati essenzialmente per le loro caratteristiche di resistenza (sforzi di compressione) e di massa (opere di sostegno a gravità); nell'utilizzo pratico sono quasi sempre accoppiati ad un altro materiale che sopperisca alla loro incoerenza
Materiali vegetali morti	<ul style="list-style-type: none"> <li>- paglia</li> <li>- fibre di cocco</li> <li>- fibre di juta</li> <li>- legname</li> </ul>	i materiali vegetali morti sminuzzati, sotto forma di stuoie e feltri, vengono utilizzati nelle tecniche di rivestimento come superfici di difesa delle sementi e del suolo nudo contro l'erosione delle acque, mentre il legname si impiega come vero e proprio materiale da costruzione (palizzate, grate, palificate, ecc.)
Additivi	<ul style="list-style-type: none"> <li>- bitume</li> <li>- schiume sintetiche biodegradabili</li> <li>- collanti naturali</li> </ul>	nei terreni a maggiore pendenza e nei casi in cui si richieda una protezione immediata ed efficace si ricorre ad additivi miscelati o spruzzati sulle superfici da rinverdire
Acciaio	<ul style="list-style-type: none"> <li>- tondini</li> <li>- profilati</li> <li>- reti</li> <li>- cavi</li> <li>- chiodi</li> <li>- cambre</li> <li>- aste filettate, dadi</li> </ul>	insieme ai materiali plastici sono gli elementi che da un punto di vista statico devono assorbire le sollecitazioni a trazione e conferire stabilità dimensionale nei manufatti realizzati con le tecniche di ingegneria naturalistica
Materiali plastici	<ul style="list-style-type: none"> <li>- non tessuto</li> <li>- geostuoie</li> <li>- geogriglie</li> <li>- reti</li> <li>- membrane</li> <li>- accoppiati</li> </ul>	per quanto non rispondano ai principi ecologici, i materiali plastici sono in alcune situazioni insostituibili e permettono di conferire ai terreni quelle caratteristiche geotecniche necessarie per la stabilità e la sicurezza delle opere
Materiali vari		in alcune circostanze (scelte progettuali, necessità di cantiere, ecosistemi specifici) si deve ricorrere ad altri materiali

Si approfondiscono di seguito caratteristiche, proprietà, funzioni e applicazioni dei geosintetici.

### 3.1 Materiali geotessili, naturali e sintetici, per l'ingegneria naturalistica

Con la denominazione di geotessili indichiamo tutti quei materiali tecnici, costituiti da fibre e sostanze **naturali** o **sintetiche**, più o meno permeabili, ai quali la materia prima e la tecnologia di fabbricazione conferiscono proprietà e funzioni (meccaniche, idrauliche, chimiche, ecc.) idonee a diversi impieghi nel campo dell'ingegneria civile, geotecnica e dell'ingegneria naturalistica.

Con il termine geosintetici si indicano frequentemente, nella pratica, i materiali tessili industriali, realizzati in polimeri e di utilizzo permanente (non biodegradabili). Nella trattazione seguente sono stati ricompresi anche biostuoie, bioreti e biofeltri.

In questa parte si delineano le proprietà generali dei geotessili, dettagliando nei paragrafi successivi le specifiche caratteristiche delle due categorie "naturali" e "sintetici".

Commercializzati generalmente in rotoli o pannelli, i geotessili sono materiali leggeri e facili da trasportare. Dal punto di vista della messa in opera, l'applicazione, pur richiedendo alcuni accorgimenti operativi, non necessita di particolare specializzazione.

Le azioni principali dei geotessili, meglio dettagliate nella tabella 2, sono di:

- **protezione** di materiali delicati;
- **filtraggio** dei fluidi;
- **separazione** fra diversi materiali incoerenti come terreni a granulometria differente;
- **rinforzo e ripartizione dei carichi**;
- **drenaggio**.

Alcune loro caratteristiche ne determinano di volta in volta condizioni favorevoli o inadatte all'abbinamento con materiale vivo.

Indagando l'efficacia generale dell'utilizzo di geotessili naturali o artificiali si rileva che applicati su un sottofondo di terreno:

- **limitano**, in estate, il **surriscaldamento** dei primi strati;
- **permettono** una migliore **intercettazione dell'acqua piovana** con conseguente maggiore disponibilità di acqua in profondità e trattenimento dell'umidità grazie alla riduzione dell'evaporazione.

La funzione principale, in particolare nelle opere di ingegneria naturalistica, è di **contrastare efficacemente l'azione abrasiva** del vento e costituire protezione dall'azione battente della pioggia, grazie alla riduzione della velocità di deflusso, con sedimentazione di trasporto solido e maggiori possibilità di insediamento della vegetazione.

D'altra parte, per quanto riguarda il **controllo delle vegetazioni infestanti**, l'uso di geotessili ne limita la germinazione, riducendo la luce che arriva ai semi.

Nel caso di utilizzo su superfici soggette al passaggio di persone e animali, questi materiali svolgono un'efficace azione di **protezione dal calpestio**.

È necessario ricordare, tuttavia, anche i limiti d'uso di questi materiali e gli accorgimenti di posa che ne consentono l'azione efficace.

Essi, infatti:

- limitano l'emergenza del seme distribuito;
- ritardano, in primavera, il riscaldamento del substrato, poiché limitano l'irraggiamento;
- sono, in genere, altamente infiammabili;
- non sono molto flessibili;
- possono limitare l'approfondimento dei sistemi radicali.

In base alla natura dei luoghi e dell'intervento, estensivo o localizzato, e al tipo di prestazione di resistenza e di durabilità richiesta al geotessile, il progettista sceglierà fra materiali naturali e materiali sintetici anche in relazione alle prestazioni di durabilità o biodegradabilità.

All'interno di queste due categorie, dovrà scegliere altresì la struttura (tessuto, non tessuto, bi o tridimensionale, ecc.), il modo di posa (interrato o superficiale), e, in particolare, il livello di prestazioni meccaniche.

Come osservazione di carattere generale, in ambito naturalistico sono preferibili i materiali di origine organica.

Specie per un uso estensivo e **in quegli interventi in cui la funzione stabilizzante sia già interamente affidata all'apparato radicale del materiale vivo**, è preferibile l'utilizzo di materiali naturali biodegradabili, dovendo essi svolgere funzione strutturale solo in fase transitoria, fino al completo attecchimento delle specie vegetali.

I materiali naturali, inoltre, sono di regola più flessibili e adattabili a situazioni di terreno irregolare, e la naturale scabrezza delle fibre organiche riduce la velocità di deflusso dell'acqua più dei materiali sintetici.

Dettaglieremo di seguito le due categorie (naturali e sintetici). Si tralascia la descrizione analitica di geocompositi e geomembrane perché poco usati nell'ambito dell'ingegneria naturalistica.

Tab. 2 - Classificazione dei geotessili e prodotti connessi.

<b>NATURALI</b>	<b>BIOSTUOIE</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• paglia</li> <li>• cocco</li> <li>• sisal</li> <li>• altre</li> </ul>	
	<b>BIORETI</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• juta</li> <li>• cocco</li> </ul>	
	<b>BIOFELTRI</b>	
<b>SINTETICI</b>	<b>GEOTESSILI SINTETICI</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• polipropilene PP</li> <li>• polietilene PE</li> <li>• poliammide PA</li> <li>• poliestere PET</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• tessuti</li> <li>• non tessuti - agugliati</li> <li>• a maglia</li> </ul>
	<b>GEORETI</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• nylon</li> <li>• polietilene ad alta densità HDPE</li> </ul>	
	<b>GEOGRIGLIE</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• poliestere PET</li> <li>• poliestere PET rivestite in PVC</li> <li>• polipropilene PP</li> <li>• polietilene ad alta densità HDPE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• uni-direzionali</li> <li>• bi-direzionali</li> </ul>
	<b>GEOSTUOIE</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• polietilene ad alta densità HDPE</li> <li>• poliammide PA</li> <li>• polipropilene PP</li> </ul>	
	<b>GEOCELLE</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• polietilene ad alta densità HDPE</li> <li>• polipropilene PP</li> <li>• poliestere PET</li> <li>• polietilene PE</li> </ul>	
	<b>GEOCOMPOSITI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• fogli planari</li> <li>• nastro</li> </ul>
	<b>GEOMEMBRANE</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• polietilene ad alta densità HDPE</li> <li>• polietilene a bassa densità monoestrusa LDPE</li> <li>• polipropilene PP</li> <li>• polivinilcloruro PVC</li> <li>• etil-propil-diene-terpolimero EPDM</li> <li>• aggregati bituminosi</li> <li>• bentonite</li> </ul>	<b>SINTETICHE</b>

Queste le simbologie dei geosintetici suggerite da IGS - International Geosynthetics Society:

- GT:** geotessile
- GCD:** geosintetico per drenaggio
- BT:** biotessile e biostuoia
- GL:** geocella
- GG:** geogriglia
- GCL:** geocomposito bentonitico
- GN:** georete
- GMS:** geomembrana sintetica
- GA:** geostuoia
- GMB:** geomembrana bituminosa

### 3.1.1 Geotessili naturali

I geotessili naturali, detti anche *biotessili*, presentano l'evidente caratteristica di essere biodegradabili.

Ad essi appartiene una serie di prodotti realizzati con vari tipi di materiali che proprio per la natura biodegradabile dei materiali costituenti, possono assolvere esclusivamente a funzioni provvisorie, cioè di protezione dall'erosione di pendii e scarpate durante la fase di crescita della vegetazione. Questi sono:

- biostuoie;
- biofeltri;
- bioreti.

Proprio perché realizzati con materiali che risultano avere una durata limitata nel tempo, devono essere utilizzati quando non ci siano problemi di stabilità o si sia prevista la sola azione stabilizzante degli apparati radicali della vegetazione seminata o piantata.

Possono essere non seminati, e in questo caso è necessario seminare al disotto e prima della posa, o possono contenere essi stessi (biostuoie e biofeltri) semi di specie differenti, anche abbinati a fitostimolanti e fertilizzanti. Possono essere anche integrati con idroritettori, materiali inerti, reti di rinforzo.

Sono manufatti in genere costosi, la cui funzione è però non sempre sostituibile con altre tecniche, in particolari condizioni di substrato, pendenza, caratteristiche ambientali.

I materiali di cui sono costituiti i geotessili di natura organica sono prevalentemente cocco, juta e paglia; possono aversi anche in canapa, carta e cotone.

Tra le funzioni, come già esposto, va ricordata quella di protezione del terreno dall'impatto con le gocce d'acqua, particolarmente importante per evitare il dilavamento delle sementi e consentire l'instaurarsi di un microclima più favorevole all'attecchimento della vegetazione.

Le **biostuoie** sono materassini costituiti da fibre di paglia, cocco, sisal, ecc., tenuti insieme da microreti naturali (cellulosa, juta, cotone) o sintetiche (polipropilene o poliammide), oppure da una rete fotossidabile da un lato ed un foglio di cellulosa dall'altro.

I materassini hanno spessori dell'ordine di qualche decina di mm, disponibili in rotoli e impiegati su pendii e scarpate per proteggere i semi dall'azione dilavante della pioggia e trattenere l'umidità.

Possono essere preseminate industrialmente, con la possibilità di scegliere le miscele più adatte all'intervento e alle condizioni climatiche in cui verrà realizzata l'opera.

In commercio si trovano biostuoie in paglia, materiale che ha ottime caratteristiche di ritenzione idrica, e dura una o due stagioni vegetative. Oppure si trovano di tipo misto, che accoppiano le caratteristiche complementari di due materiali; ad esempio se si vuole conferire alle fibre di cocco una maggiore capacità di ritenzione idrica si aggiungono frammenti di paglia.

La durata, anche per questo tipo di biostuoia, è quella di macerazione della paglia.

Più durevole è la biostuoia in fibre di cocco, che si decompone nel giro di 3-4 stagioni vegetative.

I **biofeltri** sono non-tessuti agugliati interamente costituiti da fibre vegetali. Favoriscono anch'essi la crescita della vegetazione, controllando i fenomeni erosivi.

Possono essere usati anche su scarpate in terra o in roccia e con elevate inclinazioni e durano all'incirca due stagioni vegetative.

Si possono trovare biofeltri con inserzioni di trucioli di legno che hanno la duplice funzione di rendere più aperto e areato il feltro e dotarlo di maggiore capacità di ritenzione idrica; possono anch'essi essere accoppiati con reti o fogli di cellulosa.

E' bene ricordare che la biodegradazione di biostuoie e biofeltri, se interamente costituiti di fibra organica, non rilascia residui chimici che possano in qualche modo alterare le caratteristiche chimico-biologiche del terreno.

Le **bioreti** sono stuoie biodegradabili costituite da fibre di cocco o juta disposte secondo trama ed ordito in modo da realizzare una struttura tessuta, deformabile e aperta, in grado di adattarsi opportunamente al substrato.

Tale struttura consente di rallentare la velocità dell'acqua di scorrimento superficiale, conferendo ai materiali una temporanea funzione antierosiva. L'elevata resistenza a trazione di questi

materiali li rende idonei anche su scarpate acclivi. Non hanno un periodo di posa preferenziale e possono essere impiegati con ogni tipo di clima e terreno. Possono essere realizzate in fibre di juta, che è un buon ritenitore idrico e contribuisce a creare un microclima ideale per l'attecchimento di specie vegetali, o in fibre di cocco, materiale che, caratterizzato da una bassa capacità di ritenzione idrica, è, fra i biotessili, il materiale con più elevata resistenza sia meccanica sia agli agenti degradanti. Una rete in cocco ha pertanto una durata molto elevata.

Per garantire una buona aderenza delle bioreti alle scarpate è necessario, oltre che utilizzare reti flessibili, picchettare la rete con picchetti lunghi 15-50 cm di legno o ferro (1-3 picchetti/mq) o ferri sagomati a "U". Bisogna curare di sovrapporre i teli di almeno 10-20 cm, ancorarlo in testa e rincalzarli ai lati per evitare che il vento li sollevi.

### 3.1.2 Geotessili sintetici

Nella scelta di un manufatto geosintetico, come accorgimento generale, bisogna tener conto della natura del polimero, della qualità delle fibre, della resistenza a eventuali danni meccanici, al deterioramento chimico, biologico, da raggi ultravioletti in relazione alla durata di esercizio dell'opera.

Nel caso di interventi di Ingegneria Naturalistica, in particolare, il deterioramento delle strutture artificiali del manufatto potrebbe in alcuni casi essere auspicabile, affidando in esercizio la capacità portante al materiale vivo e ricostituendo così integralmente l'originaria naturalità del sito.

Le proprietà dei diversi geosintetici sono fortemente dipendenti sia dalla natura chimica del materiale che compone le fibre, sia dalla loro struttura macromolecolare, sia infine dal metodo con cui queste vengono assemblate per costituire il prodotto finale. Si procede pertanto a una descrizione sintetica delle diverse strutture.

Disponibili in fogli, strisce e pannelli, i **geotessili sintetici** sono permeabili e filtranti. Possono essere di tipo tessuto, tessuto a maglia e nontessuto.

I geotessili sintetici *tessuti* sono strutture bidimensionali a struttura regolare costituite da due o più serie di fili di fibra sintetica intrecciati a trama e ordito, ottenendo in questo modo una buona resistenza alla rottura ma minor peso.

In base alla sezione della fibra si distinguono geotessili sintetici tessuti monofilamento o a "bandelette" (nastri appiattiti).

I geotessili sintetici *tessuti a maglia* (DOS *directionally oriented structure*) sono prodotti con sistema in maglieria in catena con inserzione di trama.

I geotessili sintetici *nontessuti* sono strutture bidimensionali composte da fibre sintetiche disposte casualmente mediante l'agugliatura e legate con procedimenti meccanici o termici che riescono a garantire coesione e resistenza alla trazione e al punzonamento. Sono a filamento continuo oppure a fibra corta (fiocco) a seconda della lunghezza delle fibre. I geotessili nontessuti sono stati la prima tipologia di prodotti dell'industria tessile applicati alle opere di ingegneria geotecnica e ancora oggi sono, quantitativamente, i più utilizzati in Italia.

I materiali con cui sono realizzati i geotessili sintetici sono polipropilene, che garantisce particolare resistenza meccanica e alle aggressioni chimiche e durata nel tempo, polietilene, poliammide, poliestere.

Le **georeti** sono strutture a maglia costituite da due serie sovrapposte di fili che si incrociano con angolo costante in modo da formare aperture regolari costanti; vengono prodotte per estrusione di polimeri termoplastici e saldatura delle due serie di fili. Se realizzate in HDPE sono inattaccabili dagli agenti chimici e biologici normalmente presenti nel terreno e generalmente sono trattate con carbon black per resistere all'azione degradante dei raggi ultravioletti.

Le georeti, usate su scarpate verticali o sub-verticali, impediscono la disgregazione superficiale ed evitano la caduta di sassi e terriccio al piede delle scarpate.

Le **geogriglie** svolgono principalmente una funzione di rinforzo, favorita dalla loro particolare struttura che esercita un effetto cerchiante sulle particelle di terreno che penetrano nelle sue aperture. Un pendio rinforzato con geogriglie ha una grande resistenza sismica: le geogriglie infatti conferiscono al terreno migliori caratteristiche elasto-plastiche e prevengono eventuali rotture durante eventi sismici anche di notevole entità.

Sono di tipo estruso o tessuto oppure "a nastri saldati".

Le geogriglie *estruse* sono strutture piane realizzate in genere in polietilene ad alta densità o polipropilene mediante un processo di estrusione e successiva stiratura. Tale stiratura, se effettuata in una sola direzione, produce geogriglie monodirezionali caratterizzate da un'elevata resistenza a trazione in senso longitudinale; se effettuata nelle due direzioni principali produce geogriglie bidirezionali, che hanno una resistenza minore, ma circa uguale nei due sensi.

Le geogriglie *tessute* sono strutture piane a forma di rete in genere in poliestere ricoperte da un ulteriore strato protettivo in PVC, in grado di garantire la resistenza strutturale delle giunzioni.

Le geogriglie *a nastri saldati* ("bonded") sono strutture piane, in cui due o più serie di fibre o altri elementi sintetici vengono connessi ad intervalli regolari per mezzo di saldatura. Sono costituite da un nucleo di filamenti in poliestere ad alta tenacità e da un rivestimento in PVC e sono caratterizzate da resistenze variabili nelle due direzioni.

Il rivestimento in PVC garantisce una maggiore durabilità, essendo il PET non rivestito soggetto a una notevole riduzione per azione chimica o per semplice idrolisi.

Le **geostuoie** sono composte di fili sintetici di polietilene ad alta densità, poliammide o polipropilene disposti lungo le tre dimensioni.

Sono, in alcuni casi, costituite dall'assemblaggio di più strati di geogriglie estruse e bi-orientate, successivamente cucite insieme o da filamenti aggrovigliati in modo da formare uno strato molto deformabile dello spessore di 1-2 cm con elevato indice dei vuoti. In opera, vengono generalmente ricoperte di terreno pedogenizzato che va a occupare la grande quantità di vuoti.

Su pendii e scarpate, le geostuoie sono impiegate per contenere l'erosione provocata dalla pioggia e costituiscono un rinforzo superficiale nella fase di crescita della vegetazione. Per la loro geometria, infatti, hanno la proprietà di incrementare la resistenza al taglio degli strati superficiali su pendii scoscesi, producendo maggiore attrito all'interfaccia. Oltre a ciò, offrono prestazioni specifiche per gli interventi con materiale vivo: proteggono, infatti, i semi ed i germogli dal dilavamento superficiale ed agiscono come armatura permanente dell'apparato radicale, con funzione di protezione della scarpata.

Le geostuoie possono essere impiegate anche come elementi di protezione dall'erosione in sponde di canali o corsi d'acqua ma limitatamente alla parte di sponda non bagnata.

Come le georeti, in certi casi le geostuoie possono essere impiegate anche come elementi di drenaggio in abbinamento a geotessili e/o geomembrane.

I materiali più utilizzati sono polipropilene e poliammide.

Le **geocelle** sono strutture a nido d'ape costituite da celle affiancate prodotte per assemblaggio o estrusione di materiale sintetico come, ad esempio, il poliestere o il polietilene ad alta densità. Vanno poi riempite di terreno vegetale e seminate.

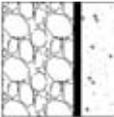
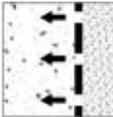
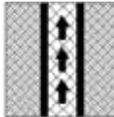
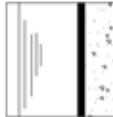
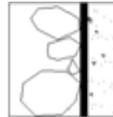
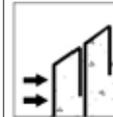
Una volta riempite, le geocelle assolvono alla funzione di contenimento e confinamento, la struttura assorbe gli sforzi dello strato superficiale riportato ed evita lo scivolamento del terreno su scarpate e pendii. Un intervento con geocelle consente di confinare uno strato di 7-10 cm di terreno vegetale, che dà buone garanzie di inerbimento anche su scarpate aride o rocciose.

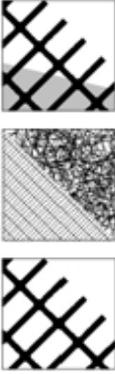
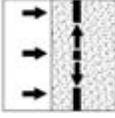
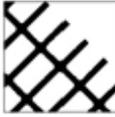
Per incrementare la permeabilità del sistema, le giunzioni della struttura presentano, in alcuni prodotti in commercio, un'apertura attraverso la quale scorre via l'acqua: la struttura composta geocelle-terreno, con una sufficiente permeabilità, facilita l'assorbimento dell'acqua durante le precipitazioni, diminuisce il deflusso superficiale e conseguentemente l'erosione meteorica.

Tab. 3 - Quadro sintetico dei geotessili e delle loro funzioni.

<b>GEOSINTETICI FUNZIONI</b>	GEOTESSUTI	GEOTESSILI NON TESSUTI	GEORETI	GEORIGLIE	GEOSTUOIE TRIDIMENSIO- NALI	GEOCOMPOSITI	GEOCELLE	GEOMEMBRANE
SEPARAZIONE		∞			∞	∞		
FILTRAZIONE		∞				∞		
DRENAGGIO			∞			∞		
IMPERMEABILIZZAZIONE						∞		∞
PROTEZIONE		∞	∞			∞		
CONTROLLO EROSIONE					∞		∞	
STABILIZZAZIONE				∞	∞		∞	
RINFORZO PENDII	∞			∞				
RINFORZO TERRENI SOFFICI	∞	∞		∞		∞		
RINFORZO ASFALTATO				∞				
CONFINAMENTO							∞	

Tab. 4 - Quadro di sintesi dell'utilizzo dei geotessili sintetici.

NECESSITÀ PROGETTUALE	PRODOTTO	FUNZIONE
<p>Tenere separati due materiali diversi</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• geotessili</li> <li>• geocompositi</li> </ul>	 <p>SEPARAZIONE</p>
<p>Consentire il deflusso di liquidi trattenendo il materiale fine</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• geotessili</li> <li>• geocompositi</li> </ul>	 <p>FILTRAZIONE</p>
<p>Favorire il trasferimento di fluidi liquidi o gassosi</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• geoteti</li> <li>• geocompositi</li> </ul>	 <p>DRENAGGIO</p>
<p>Costituire una barriera al passaggio di liquidi</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• geomembrane</li> <li>• geocompositi</li> </ul>	 <p>IMPERMEABILIZZAZIONE</p>
<p>Impedire il danneggiamento di strutture, materiali o altri geosintetici</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• geotessili non tessuti</li> <li>• geoteti</li> <li>• geocompositi</li> </ul>	 <p>PROTEZIONE</p>
<p>Evitare o limitare il distacco di materiale causato all'azione abrasiva del vento e dell'azione dilavante della pioggia</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• geostuoie</li> <li>• geocelle</li> </ul>	 <p>CONTROLLO EROSIONE</p>
<p>Aumentare la capacità portante di terreni in pendenza</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• geostuoie</li> <li>• geocelle</li> <li>• geogriglie monodirez.</li> </ul>	 <p>STABILIZZAZIONE</p>
<p>Incrementare la resistenza a trazione di terreni in pendenza</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• geogriglie bidirezionali</li> <li>• geotessili tessuti</li> </ul>	 <p>RINFORZO PENDII E MURI</p>

NECESSITÀ PROGETTUALE	PRODOTTO	FUNZIONE
Aumentare la capacità portante di terreni soffici	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• geogriglie bidirezionali</li> <li>• geotessili</li> <li>• geocompositi</li> </ul>	 <p>RINFORZO TERRENI SOFFICI</p>
Aumentare la resistenza a trazione e a fatica	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• geogriglie bidirezionali</li> </ul>	 <p>RINFORZO ASFALTATO</p>
Limitare gli spostamenti laterali di volumi di terreno	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• geocelle</li> </ul>	 <p>CONFINAMENTO</p>

## 4. TIPOLOGIE DI INTERVENTO

Le tecniche di ingegneria naturalistica, in base alle diverse finalità tecnico-funzionali, si possono distinguere nelle seguenti tipologie di interventi (Schiechtel & Stern, 1992):

- a) interventi di rivestimento: interventi di rivestimento o antierosivi dei terreni in pendenza comprendente tutti i tipi di semina, stuoie, materassini seminati, ecc.
- b) interventi di stabilizzazione: tecniche in grado di rendere stabili i pendii mediante la messa a dimora di arbusti, talee, fascinate, gradonate, cordonate, viminate, ecc.
- c) interventi combinati di consolidamento: muri a secco con talee, cunei filtranti, gabbionate e materassi verdi, terre rinforzate, palificate, muri alveolari, grate vive, ecc.
- d) interventi costruttivi particolari: barriere antirumore, barriere paramassi, opere frangivento, ecc.

All'interno di ogni singola categoria sono state messe a punto specifiche tecniche e tecnologie per adattarsi di volta in volta alle più disparate situazioni e condizioni dei luoghi di intervento; occorre poi ricordare come spesso queste singole tecniche (o sistemi integrati di più tecniche) sono modificate a loro volta dai progettisti per esigenze ambientali ed operative di cantiere incrementando ulteriormente il numero della casistica degli interventi.

Di seguito si elencano gli interventi e le opere di Ingegneria Naturalistica come da: Linee guida per capitolati speciali per interventi di ingegneria naturalistica – edizione 2006. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Ministero dell'Economia e delle Finanze.

### A - INTERVENTI DI SEMINA E RIVESTIMENTI

1. Semina a spaglio
2. Semina con fiorume
3. Semina a paglia e bitume
4. Idrosemina
- 5.a Idrosemina a spessore (passaggio unico)
- 5.b Idrosemina a spessore (due passaggi)
6. Semina a strato con terriccio
7. Semina con microfibre
8. Semina di piante legnose
9. Biotessile in juta (geojuta)
10. Biostuoia in paglia
11. Biostuoia in cocco
12. Biostuoia in cocco e paglia
13. Biostuoia in trucioli di legno
14. Biotessile in cocco (sin. Biorete di cocco)
15. Biotessile in agave
16. Geostuoia tridimensionale in materiale sintetico
17. Geostuoia tridimensionale in materiale sintetico bitumata in opera a freddo
18. Geostuoia tridimensionale in materiale sintetico prebitumata industrialmente a caldo
19. Geocelle a nido d'ape in materiale sintetico
20. Rete metallica a doppia torsione
21. Rivestimento vegetativo in rete metallica a doppia torsione galvanizzata e plastificata e biostuoie
22. Rivestimento vegetativo in rete metallica a doppia torsione galvanizzata e geostuoia tridimensionale sintetica
23. Rivestimento vegetativo a materasso preconfezionato in rete metallica a doppia torsione galvanizzata e plastificata foderato con stuoie
24. Rivestimento vegetativo a materasso confezionato in opera in rete metallica a doppia torsione galvanizzata e plastificata foderata con biostuoie o geostuoia tridimensionale
25. Rivestimento vegetativo a tasche in rete galvanizzata e non tessuto o geostuoia
26. Rivestimento in griglia o rete metallica ancorata e geotessuto e terriccio

B. INTERVENTI STABILIZZANTI

27. Messa a dimora di talee
28. Piantagione di arbusti
29. Piantagione di alberi
30. Trapianto dal selvatico di zolle erbose
31. Trapianto dal selvatico di ecocelle
32. Tappeto erboso pronto
33. Trapianto di rizomi e di cespi
34. Copertura diffusa con ramaglia viva
35. Copertura diffusa con culmi di canna
36. Viminata viva
37. Viminata viva spondale
38. Fascinata viva su pendio
39. Fascinata viva drenante su pendio
40. Fascinata spondale viva di specie legnose
41. Fascinata sommersa
42. Fascinata spondale viva con culmi di canna
43. Cordonata viva
44. Cordonata orizzontale esterna viva con piloti
45. Gradonata viva
46. Graticciata di ramaglia
47. Fastelli di ramaglia a strati
48. Graticciata in rete zincata e stuoia
49. Ribalta viva
50. Palizzata viva
51. Palizzata con geotessile

C. INTERVENTI COMBINATI DI CONSOLIDAMENTO

52. Grata viva
53. Palificata spondale con palo verticale frontale
54. Palificata viva di sostegno
55. Palificata viva Roma
56. Sbarramento vivo
57. Pennello vivo
58. Traversa viva a pettine
59. Repellente di ramaglia a strati
60. Rullo spondale con zolle (pani) di canne
61. Rullo con ramaglia viva
62. Rullo spondale in fibra di cocco
63. Muro cellulare (alveolare) rinverdito
64. Gabbionata in rete metallica zincata rinverdita
65. Materasso in rete metallica rinverdito
66. Terra rinforzata a paramento vegetato
67. Muro a secco rinverdito
68. Cuneo filtrante
69. Rampa a blocchi
70. Blocchi incatenati
71. Scogliera rinverdita
72. Briglia viva in legname e pietrame
73. Palizzata viva in putrelle e traverse
74. Barriera vegetativa antirumore in terrapieno compresso (sin. Biomuro)

## 5. CRITERI PROGETTUALI

La progettazione degli interventi di ingegneria naturalistica riguardanti le attività di modifica degli usi naturali del suolo, i recuperi di dissesto idrogeologico, le sistemazioni dei corsi d'acqua, i recuperi di aree degradate da fattori antropici, le realizzazioni di grandi opere infrastrutturali (quali strade, ferrovie, canali navigabili, ecc.) si basa su una visione ecosistemica per la ricerca delle scelte progettuali e delle soluzioni tecniche più idonee alla salvaguardia del territorio, dell'ambiente e del paesaggio.

In quest'ottica tutti gli interventi devono essere tesi a ristabilire il naturale assetto dell'ecosistema o comunque a favorire il ritorno, nei tempi più brevi possibile ed in funzione degli obiettivi prestabiliti, dell'equilibrio ambientale tipico dei luoghi.

Dovrà essere valutata, preliminarmente, l'effettiva necessità dell'intervento (OPZIONE ZERO) in funzione della potenziale pericolosità, le alternative possibili ed il rapporto tra i benefici previsti e gli effetti indotti dal mancato intervento. Gli interventi di difesa attiva o passiva dovranno comunque privilegiare, ove possibile, le tecniche di ingegneria naturalistica. Trattandosi di tecniche che prevedono l'uso di specie vegetali, il progetto dovrà includere un dettagliato programma di manutenzione.

Il documento preliminare a cura del responsabile del procedimento deve contenere una "Relazione sull'applicabilità delle tecniche di Ingegneria Naturalistica" secondo le disposizioni del Decreto Presidente della Repubblica 21 dicembre 1999, n. 554 "Regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici 11 febbraio 1994, n. 109, e successive modificazioni" (S.O. n. 66/L alla G.U. n. 98 del 28.04.2000).

La fase di collaudo presenterà necessariamente modalità differenti da quelle tradizionali, in quanto la componente vegetazionale, essenziale nelle tecniche di ingegneria naturalistica, richiede la verifica del suo efficace attecchimento. Per tale motivo sarà predisposto il certificato di regolare esecuzione al termine dei lavori nel quale saranno dichiarate le modalità di valutazione dell'attecchimento del materiale vegetale.

Opere di maggiore impatto ambientale potranno essere ammissibili quando i vincoli strutturali esistenti non permettano altre soluzioni progettuali.

La multidisciplinarietà propria di queste tecniche prevede l'intervento di più figure professionali in ogni fase della progettazione e direzione lavori, senza lasciare o delegare ad un singolo professionista la soluzione delle problematiche insite nella realizzazione di questa tipologia di opere.

Si possono individuare distinte professionalità afferenti a varie categorie che si ripropongono in ogni progettazione:

- 1) progetto strutturale (agronomo, architetto, esperto tecniche I.N., forestale, geometra, ingegnere, perito agrario);
- 2) topografia (agronomo, architetto, forestale, geometra, ingegnere, perito agrario);
- 3) geologia, geomorfologia, geotecnica (geologo, ingegnere);
- 4) progetto verde, pedologia e botanica (agronomo, biologo, esperto tecniche I.N., forestale, naturalista, perito agrario).

### 5.1 Peculiarità degli interventi di Ingegneria Naturalistica

L'impiego delle tecniche di ingegneria naturalistica, particolarmente consigliato nelle aree protette, comporta una serie di problematiche che non si verificano con la realizzazione dei manufatti tradizionali:

- l'esistenza di fattori limitanti, legati alla crescita delle specie vegetali, condiziona l'impiego delle diverse tecniche a seconda del tipo di ambiente in cui si deve operare;
- per garantire la riuscita degli interventi è necessario operare una corretta scelta delle specie vegetali da impiegare;
- è indispensabile rispettare scrupolosamente le corrette modalità ed epoche di semina e piantumazione delle specie prescelte;
- i risultati di attecchimento e consolidamento spesso non sono immediati, ma richiedono un certo periodo di tempo per poter verificarne l'efficacia;
- queste opere richiedono in genere una regolare manutenzione, scaglionata nel tempo ed eseguita da personale qualificato;

- è necessaria una conoscenza specifica delle modalità di utilizzo dei materiali inerti di nuova concezione quali le georeti tridimensionali e i geotessuti sintetici.

Per i sopracitati motivi, nella progettazione di opere di ingegneria naturalistica, oltre alle indagini tipiche degli interventi ingegneristici con inerti, è necessario effettuare:

- un'indagine floristica e vegetazionale, o con approccio fitosociologico, allo scopo di individuare le associazioni e le serie dinamiche di vegetazione presenti nelle stazioni di intervento, o con approccio strutturale;
- l'esame delle caratteristiche topoclimatiche e microclimatiche di ogni superficie di intervento;
- l'analisi del substrato pedologico con riferimento alle caratteristiche chimiche, fisiche ed idrologiche del suolo per individuare eventuali fattori limitanti lo sviluppo della vegetazione e programmare l'apporto di additivi e correttivi;
- la valutazione delle possibili interferenze reciproche tra la vegetazione e l'infrastruttura. Ad esempio per una strada la presenza di sali antigelo e l'interferenza della vegetazione con la sagoma limite.

Tutto ciò è indispensabile al fine di operare una corretta scelta delle specie vegetali da impiegare, presupposto fondamentale per la riuscita degli interventi di ingegneria naturalistica; questi possono considerarsi riusciti qualora i fattori negativi che erano la causa degli stessi siano stati neutralizzati e la copertura vegetale, ampiamente diffusa e affermata come associazione vegetazionale, tenda nel tempo ad accrescerne la stabilità.

Pertanto, per la progettazione e la realizzazione di interventi di ingegneria naturalistica, è indispensabile la creazione di un gruppo di lavoro interdisciplinare; questa necessità è stata pienamente recepita dalla Circolare n. 1 del 23/01/1997 "Criteri ed indirizzi per l'attuazione di interventi in ambito fluviale nel territorio della Regione Marche", secondo cui "la progettazione sviluppa una dettagliata analisi geologica, geomorfologica, idrologica, idraulica, vegetazionale e faunistica riferita ad un ambito territoriale adeguatamente esteso" e "il soggetto realizzatore degli interventi deve avvalersi del supporto di tecnici qualificati (geologo, biologo, agronomo ecc.) che seguono la realizzazione delle opere."

## **5.2 Ruolo delle piante nella protezione idrogeologica**

Nell'ingegneria naturalistica le piante non sono considerate solo da un punto di vista estetico, ma piuttosto come un efficace materiale vivente da costruzione che, a differenza dei materiali inerti, svolge una funzione attiva nel modificare l'ambiente. La stabilità che apportano al terreno non è statica, come potrebbe essere quella data da un manufatto, ma dinamica e aumenta proporzionalmente allo sviluppo delle piante.

La vegetazione interagisce con il terreno mediante effetti idrologici ed effetti meccanici secondo quanto riportato in fig. 1 e in tab. 5.

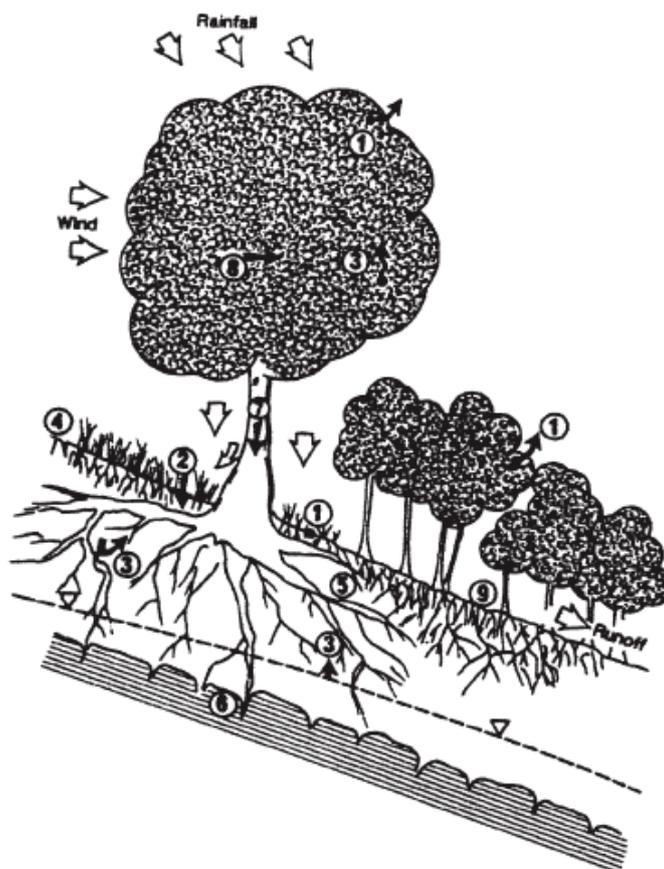


Fig. 1 - Interazioni vegetazione-versante che influenzano la stabilità (da Greenway, 1987).

Tab. 5 - Effetti della vegetazione sulla stabilità dei pendii (da Gisotti & Benedini, 2000).

<b>Processi idrologici</b>		
1	La chioma intercetta le precipitazioni causando perdite per assorbimento ed evaporazione: ciò riduce la quantità di acqua disponibile per l'infiltrazione	B
2	Le radici e i fusti incrementano la scabrezza della superficie del terreno e la permeabilità del terreno, favorendo la capacità di infiltrazione	A
3	Le radici assorbono l'umidità del terreno che passa nell'atmosfera mediante la traspirazione, favorendo una minore pressione interstiziale	B
4	La diminuzione dell'umidità del terreno può accentuare le fessure di disseccamento nello stesso, da cui risulta una maggiore capacità di infiltrazione	A
<b>Processi meccanici</b>		
5	Le radici rinforzano il terreno, incrementandone la resistenza al taglio	B
6	Le radici degli alberi possono ancorarsi a strati stabili fornendo un supporto al soprastante terreno di copertura mediante l'effetto "contrafforte" (palo) e l'effetto "arco"	B
7	Il peso degli alberi sovraccarica il pendio, incrementando i valori della componente normale e di quella tangenziale al pendio	A/ B
8	Le piante esposte al vento trasmettono forze dinamiche al pendio	A
9	Le radici legano le particelle di terreno alla superficie del pendio, riducendo la loro suscettibilità all'erosione	B

**A:** contrario alla stabilità    **B:** favorevole alla stabilità

### 5.3 Criteri di scelta dei materiali vegetali

Una corretta scelta del materiale vegetale da utilizzarsi nell'ambito delle opere di ingegneria naturalistica costituisce la premessa fondamentale per la buona riuscita degli interventi.

È importante effettuare una scelta coerente con le indicazioni fornite dalle indagini fitosociologiche, effettuate in ambienti simili a quelli oggetto d'intervento, oltre che per assicurare la riuscita della sistemazione a verde, anche per assicurare la ricostruzione di ecosistemi paraturali e per evitare l'affermarsi di popolamenti di sostituzione indesiderati dal punto di vista naturalistico.

In pratica però, nella progettazione delle sistemazioni a verde, occorre coniugare le indicazioni fornite dall'indagine strutturale o fitosociologica con altre esigenze:

- le caratteristiche ecologiche;
- la possibilità di propagazione e la reperibilità del materiale di propagazione;
- l'attitudine biotecnica delle piante;
- la forza edificatrice delle piante;
- la loro capacità di crescita;
- lo scopo del rinverdimento, l'eventuale utilizzo produttivo e l'effetto estetico-paesaggistico delle piante.

È da sottolineare che la scelta del materiale vegetale deve privilegiare, nell'ambito delle specie considerate, il recupero di materiale locale (fiorume, zolle, talee prelevate in sito, ecc.), cioè quello di massima adattabilità ecologica per le caratteristiche pedologiche e climatiche dell'area.

Il corredo vegetale, per quanto possibile, deve essere sufficientemente articolato tra specie di varia grandezza al fine di costituire popolamenti in crescita di sufficiente variabilità e struttura.

In fase di progettazione in ambito idraulico, andrebbe indicata l'area e le modalità di approvvigionamento del materiale vegetale a talee, facendo riferimento ai tipi di salice più diffusi nella regione: *Salix eleagnos*, *S. triandra*, *S. purpurea*, *S. appennina*, *S. caprea*, *S. alba*, ed in particolar modo alle specie a portamento arbustivo più idonee per gli interventi di I.N.

Al tempo stesso andrebbero indicate le modalità di approvvigionamento del materiale vegetale arbustivo a fitocella o in vaso, che dovrebbe essere prevalentemente utilizzato negli ambiti di versante, tipicamente meno umidi, come quelli marchigiani.

## 6. SPECIE VEGETALI DA IMPIEGARE NELLE MARCHE

Luigi Paradisi

In questo capitolo vengono fornite indicazioni sulle specie vegetali da impiegare negli interventi di Ingegneria Naturalistica in ambito regionale, in relazione alle caratteristiche climatiche, pedologiche e stagionali, proponendo un elenco di specie, arbustive ed arboree, appartenenti alla flora spontanea della regione Marche; per molte di esse vengono fornite anche delle indicazioni sulla struttura degli apparati radicali. Viene inoltre fatto un breve cenno sull'importanza degli inerbimenti nelle immediate fasi post-intervento. Prima di affrontare l'argomento dello studio botanico propedeutico alla scelta delle specie, e la scelta delle stesse, viene sinteticamente riportata una panoramica sui principali tipi vegetazionali che caratterizzano il territorio marchigiano, al fine di facilitare il lettore alla conoscenza e a un inquadramento, se pur generale, della vegetazione nei vari ambienti della regione.

### 6.1 Lineamenti vegetazionali delle Marche

La grande varietà di ambienti peculiari, di cui è ricca le Marche, ha permesso lo sviluppo di numerose comunità vegetali che si instaurano a partire dalla costa fino alle cime più elevate della catena montuosa dei Sibillini. L'ambiente naturale risulta oggi molto modificato rispetto alle condizioni climatogene originarie in quanto l'uomo, con la sua presenza ultrasecolare, ha profondamente alterato l'originaria struttura della copertura vegetale.

Le azioni di disturbo e le entità di trasformazione del territorio appaiono diversificate in relazione alle condizioni in cui tali modificazioni sono state perpetuate. Un ruolo molto significativo è dato dall'altimetria, dall'esposizione dei versanti, dall'acclività, dal tipo di substrato, che hanno influito più o meno velocemente nei processi di trasformazione e di distruzione di habitat, flora e vegetazione. La fascia territoriale che più ha risentito della azione di disturbo è stata quella costiera, in cui restano scarsissime testimonianze dell'originario aspetto della vegetazione delle spiagge, e dell'immediato ambiente retrodunale: la vegetazione della costa è rappresentata da un mosaico di formazioni altamente specializzate in delicato equilibrio tra loro. L'altro ambito territoriale in cui le trasformazioni hanno portato alla quasi scomparsa delle formazioni originarie vegetali, è quella delle aree di fondovalle pianeggianti (vegetazione originaria costituita da selve planiziali con latifoglie miste con farnia, pioppo, frassino, salice) dove, dopo la fascia costiera, è stato più massiccio l'incremento di presenze demografiche.

Nonostante queste trasformazioni, è possibile osservare e riconoscere i principali ecosistemi riconducibili a unità fondamentali, alcune delle quali abbastanza ben definite e individuabili, anche se lo stato di conservazione, in relazione al tipo di disturbo presente, all'estensione e al grado di antropizzazione raggiunto, si presenta a volte molto precario.

Sinteticamente vengono illustrate le principali tipologie vegetazionali presenti.

Fascia costiera. La vegetazione è costituita da aggruppamenti che si sviluppano sui cordoni litoranei, con specie pioniere adatte a colonizzare questi primi tratti di arenile. Tra le più caratterizzanti: *Elymus farctus*, *Ammophila arenaria*, *Cakile maritima*, *Eryngium maritimum*, *Calystegia soldanella*, *Cyperus capitatus*. Gran parte di questa vegetazione attualmente è relegata in poche zone della regione, soprattutto dove è sottoposta a tutela in Aree Floristiche Protette. Per il resto, questa vegetazione è stata eliminata, indirettamente, per scopi turistici. Sempre in ambito costiero va ricordata la vegetazione degli ambienti umidi e salmastrì retrodunali con specie elofitiche tipiche di questi ambienti, relegati a poche aree in particolare alla Sentina, e la vegetazione arborea rappresentata dalla foresta di sclerofille a dominanza di *Quercus ilex* con altre specie sempreverdi della macchia mediterranea.

Il fondovalle. Gli ambienti che si osservano nei fondovalle delle grandi pianure alluvionali delle Marche sono numerosi e diversificati; trattandosi di aree fortemente antropizzate, è possibile risalire alle formazioni originarie sulla base delle scarsissime testimonianze rimaste, con caratteristiche vegetazionali ancora peculiari. Tra queste formazioni vanno ricordate le foreste residue planiziali: si tratta di vegetazione arborea forestale interposta tra la vegetazione ripariale e i querceti di roverella delle prime pendici collinari. Attualmente questi boschi planiziali sono limitati a poche stazioni (Bosco Pelagallo lungo il Fiume Aso, Bosco della Chiusa sul Fiume Esino, ecc.) con

piano arboreo dominato da *Quercus robur*, *Carpinus betulus*, *Fraxinus excelsior*, *Fraxinus oxycarpa*. Lungo le aste fluviali invece è molto diffusa la vegetazione ripariale, più o meno ben strutturata e conservata, con la compagine arborea caratterizzata da saliceti, ontaneti e pioppeti, mentre nella parte prossima all'alveo fluviale si insediano esclusivamente salici arbustivi, come *Salix eleagnos*, *Salix purpurea*, *Salix triandra*.

Fascia collinare. La vegetazione che si instaura in questa fascia territoriale è costituita prevalentemente da formazioni boschive di caducifoglie, in un tessuto in cui la fisionomia generale del territorio è quella del paesaggio agrario, che si contraddistingue per elementi diffusi: siepi, alberate, filari, alberi isolati, che danno un'impronta paesaggistica unica alla collina marchigiana. Riguardo le formazioni vegetali naturali, vanno ricordate schematicamente le seguenti tipologie: Querceti di roverella con *Quercus pubescens* dominante, dislocati nei settori di media e bassa collina su versanti prevalentemente a sud e su substrato marnoso-arenaceo. Ostrieti con *Ostrya carpinifolia* e *Fraxinus ornus* dominanti e *Acer campestre*, *Acer opalus subsp. obtusatum*, *Sorbus domestica*, *Sorbus torminalis*, *Prunus avium* (spontaneizzato), *Cornus mas* in subordine, che si insediano dalla media all'alta collina, su pendii freschi e su substrato prevalente di tipo calcareo. Castagneti e Cerreti che si localizzano in aree alto collinari pedemontane su substrati acidi o calcicarenti con affioramenti di arenarie; in queste cenosi forestali *Castanea sativa* (introdotta) e *Quercus cerris* sono le specie arboree dominanti. Nella fascia collinare sono presenti anche altre formazioni in stretto contatto con il bosco, come i mantelli di vegetazione costituiti prevalentemente da specie arbustive come *Spartium junceum*, *Osyris alba*, *Juniperus communis*, *J. oxycedrus*, *Cytisophyllum sessilifolium*, *Crataegus monogyna*, *C. laevigata*. Nelle aree più interne vanno ricordati i boschi relitti di sclerofille che seppure localizzati in aree particolari, come gole e ambienti rupestri, assumono una notevole importanza dal punto di vista conservazionistico e fitogeografico come esempi relitti di vegetazione risalente a periodi climatici caldi del post glaciale; la specie arborea dominante è *Quercus ilex*.

La montagna e l'alta montagna. L'area montana si sviluppa longitudinalmente lungo l'asse occidentale della regione, culminando a sud con i rilievi più elevati dei Monti Sibillini (M. Vettore 2476 m). La vegetazione arborea è costituita prevalentemente da boschi di faggio che a partire dai 1000 m circa arriva nei punti più elevati fino a 1700-1800 m di altezza. In questa fascia altitudinale, nelle parti più basse il bosco si presenta dominato da *Fagus sylvatica* con altre specie arboree tipiche della faggeta come *Acer pseudoplatanus*, *Acer platanoides*, *Sorbus aucuparia*, *Sorbus aria*, mentre a quote più elevate queste specie tendono a diradersi sempre di più e la faggeta diventa monospecifica. Sopra la quota altimetrica dei 1800 m la vegetazione arborea cessa di svilupparsi lasciando posto a pascoli e praterie montane, con paesaggi di altitudine che conservano di più la fisionomia originaria dal momento che sono più limitati gli interventi dell'uomo, o tali da non stravolgere le caratteristiche degli ecosistemi primari.

## 6.2 Caratteristiche bioclimatiche

In relazione alle caratteristiche bioclimatiche, per le Marche, sono stati individuati due bioclimi principali (macrobioclima) **mediterraneo** e **temperato** (fig. 2), ai quali appartengono diversi piani bioclimatici, che mettono in relazione la distribuzione della vegetazione e le caratteristiche climatiche.

Per ogni piano bioclimatico, sono state definite le zone fitoclimatiche della regione dove vengono associati i tipi di vegetazione potenziale (Biondi *et al.* 1995).

Al **bioclima mediterraneo** appartiene solamente il Piano Mesomediterraneo che interessa una ristretta fascia costiera a partire dal Conero verso sud, internandosi a livello delle vallate fluviali principali. Interessa le formazioni miste di caducifoglie con abbondante presenza di specie mediterranee, con sclerofille sempreverdi a dominanza di leccio.

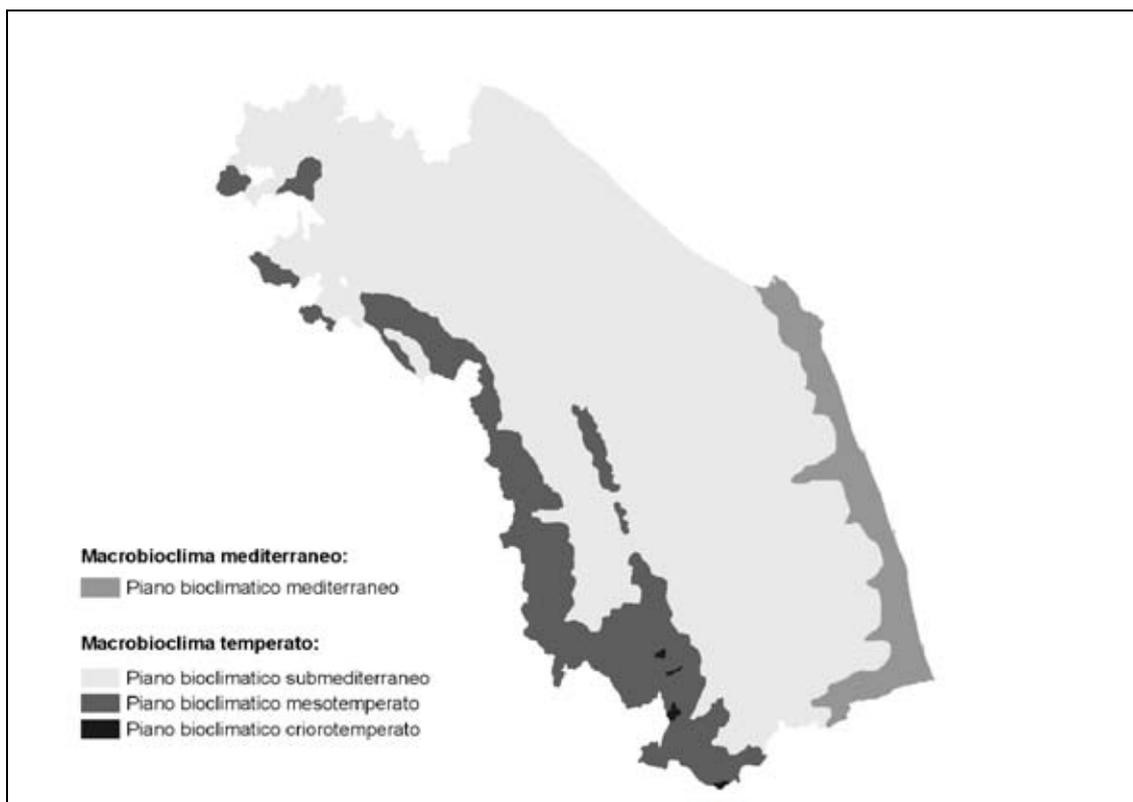


Fig. 2 - Carta Fitoclimatica delle Marche (da IPLA - Regione Marche: I tipi Forestali delle Marche).

Al **Bioclima temperato** vengono invece riconosciuti i seguenti piani bioclimatici:

- Piano bioclimatico collinare o submediterraneo (basso collinare e alto collinare da 400 a 1000 m circa); in questo piano si riconoscono le formazioni boscate miste di caducifoglie rappresentate in prevalenza da querceti in lembi di boschi residui sparsi nel territorio collinare (bioclima basso collinare) e da boschi misti che in relazione al substrato, possono essere ricondotti sia a orno-ostrieti su formazioni calcaree e calcareo-marnoso, che da cenosi a dominanza di roverella o cerro, su substrati marnoso-marnoso arenacei (bioclima alto collinare).

- Piano bioclimatico montano o mesotemperato (basso montano e alto montano, da 900/1000 a 1800 m circa); risulta più omogeneo di quello collinare per quanto riguarda la vegetazione climatogena, che è costituita dal faggeto. Nel settore basso montano (900 m-1200/1300 m) si possono riconoscere diverse tipologie forestali in stretta relazione col substrato geologico (boschi di cerro e carpino bianco su substrati flyshoidi del Montefeltro, faggete acidofile sulla catena delle Serre, boschi misti con presenza di tasso nei dintorni della dorsale calcarea di Cingoli) che ospitano quindi specie appartenenti al piano bioclimatico inferiore, (carpino nero, orniello, acero d'Ungheria, ecc.).

Salendo a quote più elevate (dai 1200-1300 m) nella zona alto montana i boschi tendono a diventare monospecifici con la presenza sempre più netta del faggio.

- Piano bioclimatico subalpino (da 1800 a 1900 m circa) e alpino (oltre i 1900 m) o criotemperato. Il settore subalpino di questa piccola fascia altimetrica interessa le parti più elevate dell'Appennino Umbro-Marchigiano, nel nostro caso il gruppo dei Monti Sibillini, che ospita un tipo di vegetazione, oggi divenuta rara, quello degli arbusti contorti e di brughiere al di sopra del limite naturale del bosco, che ora è stato quasi completamente eliminato a favore dei pascoli. Il settore superiore infine, interessa la zona più elevata del gruppo dei Sibillini, al di sopra del limite naturale del bosco, con la vegetazione climatogena dei pascoli di altitudine.

### **6.3 Analisi botaniche necessarie per la scelta delle specie da utilizzare negli interventi di Ingegneria Naturalistica**

Le analisi botaniche da effettuare nell'ambito di un progetto di recupero che preveda l'utilizzo di tecniche di Ingegneria Naturalistica hanno il preciso scopo di individuare le specie vegetali idonee per le tipologie vegetazionali da ricreare nell'area oggetto di intervento, compatibilmente con le caratteristiche edafiche e climatiche.

Le fasi propedeutiche a tali studi vanno ricercate in un accurato studio ambientale dell'area in esame (area vasta) per individuare gli stadi vegetazionali più evoluti,

Lo studio di area vasta permette di raccogliere tutte le informazioni necessarie finalizzate all'individuazione delle specie vegetali presenti, che saranno riproposte (insieme alle informazioni dello studio fitosociologico) per la fase progettuale del sito oggetto di intervento. L'indagine dovrà contenere inoltre gli elementi conoscitivi relativi agli aspetti climatici e microclimatici, pedologici, morfologici stazionali (pendenza, esposizione).

L'analisi botanica va realizzata attraverso uno studio floristico di dettaglio e uno studio fitosociologico, accompagnate da informazioni climatiche della zona d'intervento o delle aree limitrofe.

Per quanto riguarda la caratterizzazione climatica dell'area dell'intervento, vengono utilizzati vari indici climatici (Indice di aridità di De Martonne, quoziente pluviometrico di Emberg, Indice di mediterraneità e Indice ombrotermico di Rivas Martinez) e alcuni diagrammi climatici in cui vengono messe in relazione le temperature e le precipitazioni in serie mensili.

Per la realizzazione di diagrammi climatici, il più diffuso e utilizzato, è il diagramma di Bagnouls e Gaussen, migliorato da Walter e Leith (fig. 3). Viene costruito ponendo in ascisse i mesi dell'anno e sulle ordinate le temperature (a sinistra) e le precipitazioni in mm (a destra), riportando le temperature in una scala doppia delle precipitazioni ( $1^{\circ}\text{C} = 2\text{ mm}$ ).

Empiricamente, la modalità di realizzazione evidenzia che, se la curva delle temperature incrocia superandola, quella delle precipitazioni, siamo in presenza di un periodo di aridità estivo, tipico del clima mediterraneo.

Nella tabella sottostante vengono indicati i diagrammi termopluviometrici di alcune località delle Marche.

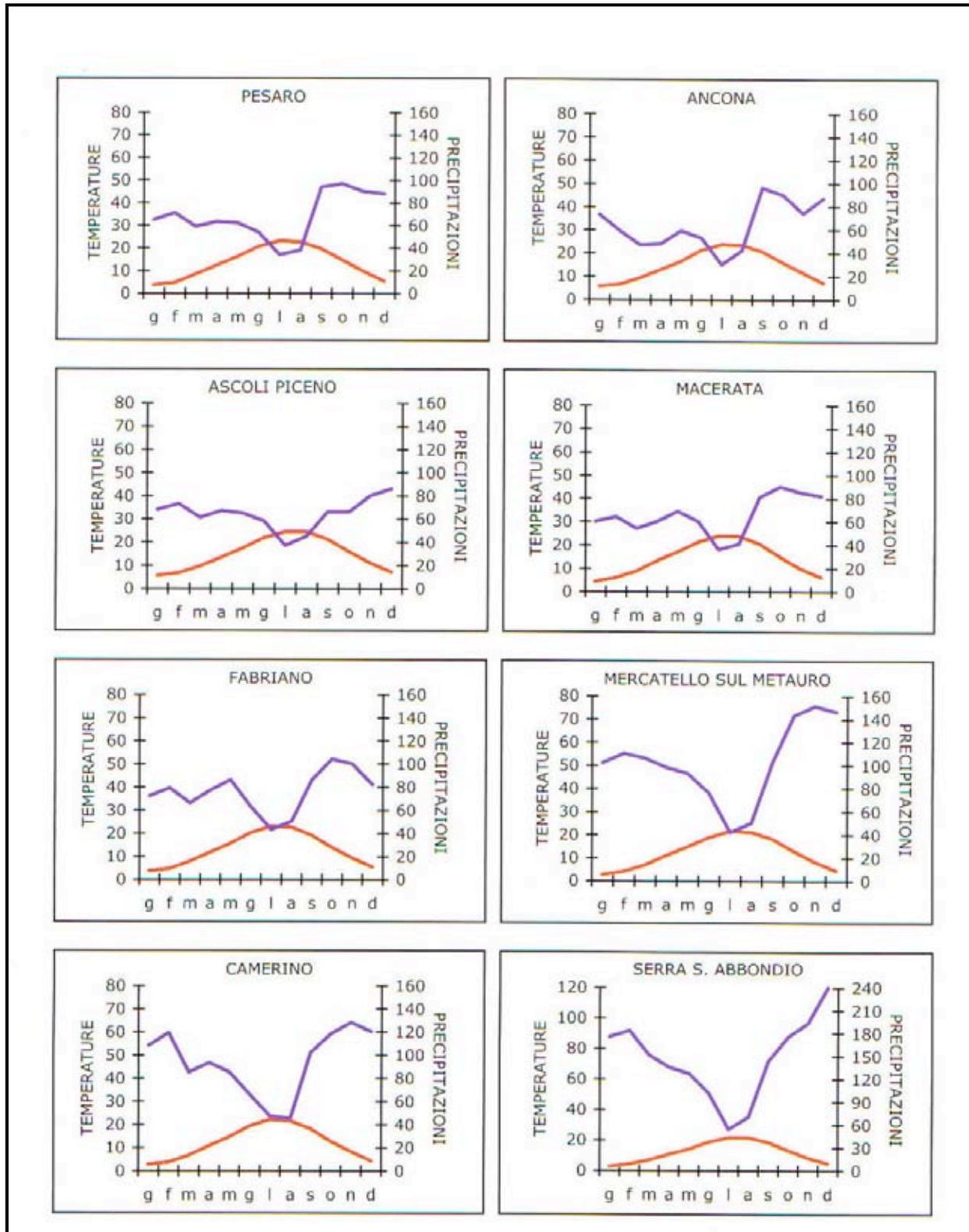


Fig. 3 - Diagrammi di Walter di alcune località delle Marche (da Ipla, 2001).

### 6.3.1 L'analisi floristica e fitosociologica

Questa analisi va svolta al fine di avere un quadro esauriente e dettagliato della dinamica evolutiva della vegetazione attuale nell'area.

#### Elaborazione dei dati floristici

L'analisi floristica va effettuata in quelle situazioni in cui l'intervento risulti di lieve entità, in situazioni semplici, e in ambiti morfologici che presentino caratteristiche ecologiche simili. L'analisi consiste nell'individuare tutte le specie presenti nell'area dell'intervento, cercando di avere una prima suddivisione delle specie per esigenze ecologiche (es. specie igrofile, acidofile, xerofile) e per ambienti (lacustre, palustre, spondale, prati umidi, ecc). Inoltre, unitamente alle informazioni che si hanno considerando la forma biologica e il tipo corologico (spettri biologico e corologico) dedotte dall'elenco floristico, sarà anche possibile definire l'ecologia delle cenosi (sinecologia), in relazione a territori simili. Queste informazioni risultano utili per poter poi stilare un elenco di specie che saranno utilizzate per il progetto.

#### Elaborazione dei dati vegetazionali

Unitamente all'analisi floristica, l'indagine botanica va completata con l'analisi fitosociologica utilizzando il metodo di Braun-Blanquet; tale metodo si rivela particolarmente idoneo a rappresentare in maniera quali-quantitativa la compagine floristica presente e a valutare le variazioni spazio-temporali delle fitocenosi. Alle specie presenti, attraverso la fase dei rilievi fitosociologici, vengono assegnati valori di copertura e sociabilità, secondo la scala di Br.-Bl. modif. Pignatti. I rilievi vengono successivamente riuniti in tabelle fitosociologiche.

I rilievi delle aree in esame potranno essere confrontati con altri provenienti da tabelle fitosociologiche di situazioni simili o con dati esistenti in bibliografia per zone limitrofe, ed essere sottoposti ad elaborazione numerica (classificazione e/o ordinamento realizzazione di dendrogramma), per ottenere indicazioni sulle differenze floristiche ed ecologiche dei siti e sul dinamismo della vegetazione ed eventuali variazioni dovute ai disturbi ipotizzati.

Attraverso il confronto tra le varie tabelle sarà possibile precisare l'attribuzione fitosociologica delle cenosi (individuare l'associazione vegetale di riferimento che verrà successivamente inserita in un sistema gerarchico che comprenda alleanze, ordini e classi) e individuare i contatti e le relazioni esistenti tra diverse tipologie di vegetazione (analisi sinfitosociologica) compresi i rapporti di tipo seriale (successionale) e catenale (vedasi paragrafo successivo).

#### Tendenze dinamiche

Una volta individuate la/le diverse associazioni vegetali presenti nel territorio e che costituiscono il primo livello di analisi della fitosociologia, si passerà all'analisi di secondo livello, quella sinfitosociologica, rivolta allo studio dei rapporti dinamici (evolutivi o regressivi) che legano le diverse associazioni tra loro all'interno della serie di vegetazione (sigmetum). Infine si passerà all'analisi di terzo livello (geosinfitosociologica o catenale) che studia le relazioni tra serie di vegetazione quali unità fitogeografiche di paesaggio (geoserie), fase da valutare se necessaria.

Gli studi sul dinamismo della vegetazione propri della fitosociologia integrata o sinfitosociologia portano alla definizione delle serie di vegetazione o sigmetum.

La serie di vegetazione è costituita dall'insieme di tutte le associazioni vegetali legate da rapporti dinamici (evolutivi o regressivi), che si rinvergono in uno spazio omogeneo con le stesse potenzialità vegetazionali che porta a una situazione di stabilità e a uno stadio di massimo equilibrio tra tipo di vegetazione e ambiente (climax).

Negli ultimi anni l'evoluzione del metodo fitosociologico ha permesso di individuare e riconoscere i mantelli di vegetazione, gli orli forestali, strutture vegetazionali ecotonali trascurate in precedenza, e si è riusciti a costruire dei modelli dinamici sempre più dettagliati e predittivi dei possibili scenari che si verrebbero a determinare al variare delle attività antropiche.

Negli studi fitosociologici più recenti, quindi, il rilevamento della vegetazione non si esaurisce più con la descrizione dell'associazione vegetale, ma si completa con l'individuazione delle serie di vegetazione e con le geoserie che rappresentano l'ultimo livello dell'analisi fitosociologica.

A titolo di esempio si riporta uno schema esemplificativo (fig. 4), riportante le successioni vegetali su substrati marnoso arenacei interessati dalla serie della roverella (Biondi 1996), in cui si può osservare le varie tappe successionali: A-bosco di roverella; B-mantello di vegetazione a ginestra e ginepro comune; C-Cespuglieto di ginestra; D-Pascolo a fiordaliso bratteato e forasacco; E-campi con vegetazione infestante; F-Siepe.

In altri termini, nella figura, si osservano tutte le tappe di passaggio di un territorio collinare marchigiano di ambito marnoso arenaceo, in cui da situazioni di campi abbandonati, si assiste alla ricolonizzazione della vegetazione fino ad arrivare al bosco attraverso le varie tappe evolutive intermedie.

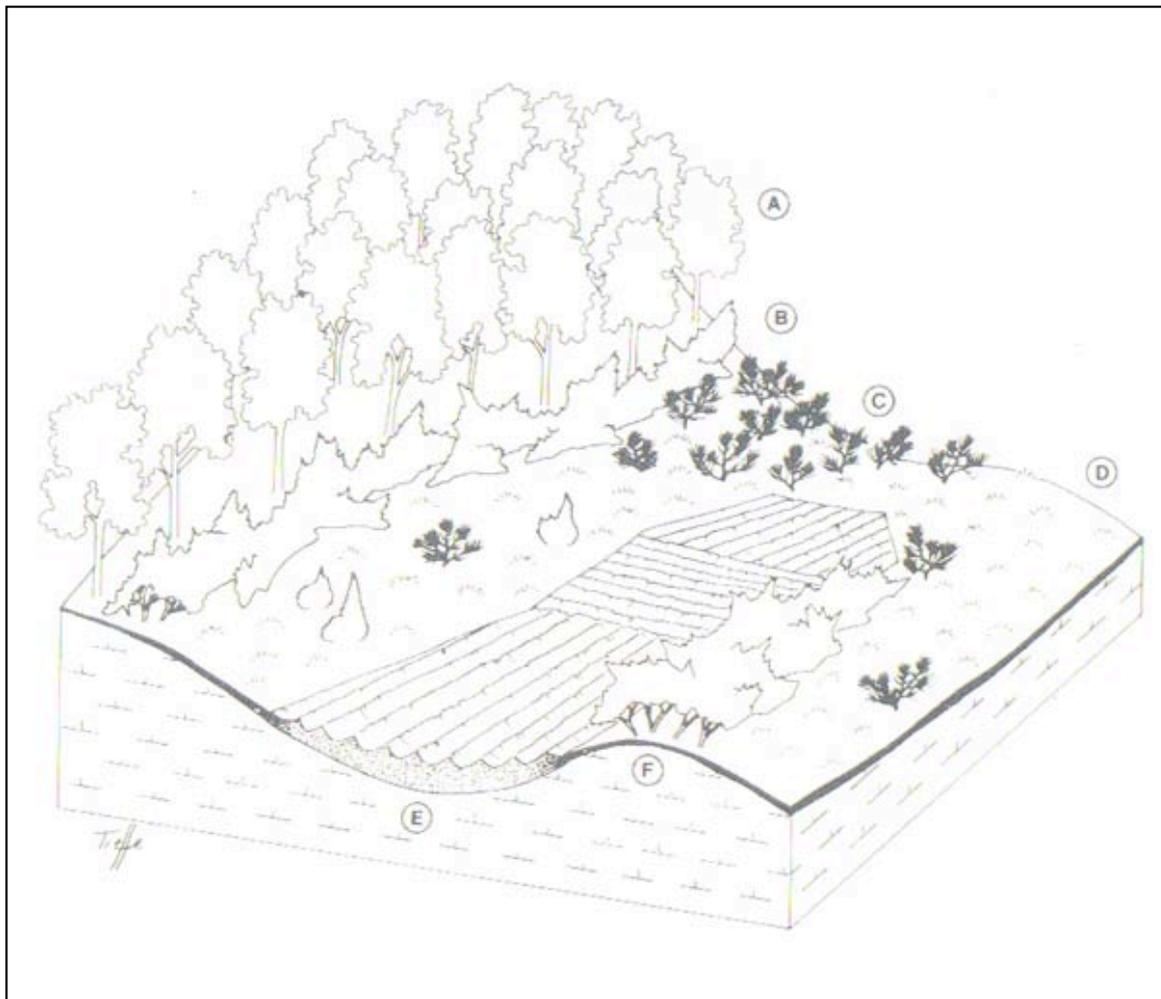


Fig. 4 – Esempio di successioni vegetazionali su substrati marnoso-arenacei interessati dalla serie della roverella (Taffetani F., in Biondi 1996).

### 6.3.2 Scelta delle specie

Riguardo alla scelta delle specie arboreo-arbustive da utilizzare, tenendo conto delle considerazioni che emergono dalle analisi botaniche, si può affermare che vanno selezionate quelle con le migliori caratteristiche biotecniche, cioè con un apparato radicale profondo ed esteso e con una crescita rapida nella parte aerea, per garantire nel tempo la protezione ed il consolidamento del terreno; vanno prese in considerazione quelle autoctone coerenti con l'ambiente ecologico circostante e appartenenti alla serie della vegetazione potenziale, informazioni desunte dall'analisi ambientale generale.

La scelta delle specie va fatta quindi tra quelle:

- coerenti con la flora e la vegetazione autoctona a livello regionale;
- ecologicamente compatibili con i caratteri microstazionali (microclima, substrato, morfologia, energia idraulica, tempo di sommersione nei casi di interventi in ambito fluviale, ecc.) dell'area di intervento;
- appartenenti allo stadio dinamico della serie della vegetazione potenziale più evoluto possibile in funzione delle caratteristiche ecologiche della stazione;
- aventi le necessarie caratteristiche biotecniche.

#### 6.4 Indicazione sugli inerbimenti

Riguardo alle specie erbacee da impiegare per gli inerbimenti, queste possono essere utilizzate in forma di miscugli di semi caratterizzati da una composizione plurispecifica.

Il tipo di miscuglio dovrà attenersi alle caratteristiche stazionali del sito (vegetazione, clima, suolo, morfologia, ecc.) per la cui scelta vanno fatte le stesse considerazioni valide per le specie arbustive/arboree.

Una delle funzioni principali dell'inerbimento è quella di tamponare e rallentare i fenomeni erosivi iniziali post intervento, creando in tempi brevi, una superficie rinverditata che possa permettere l'istaurarsi di processi naturali e spontanei di ricolonizzazione da parte di altre specie erbacee e arbustive.

Questo processo potrà essere più speditivo se si utilizzano specie autoctone e/o con spiccate caratteristiche pioniere. Pertanto nella scelta del miscuglio, andranno seguite le indicazioni emerse nella fase dell'analisi floristica e vegetazionale in maniera da individuare quelle specie che per forme biologiche, tipi corologici, caratteristiche biotecniche, guidino alla ricostituzione della serie dinamica della vegetazione.

Attualmente una delle difficoltà relativamente all'utilizzo delle specie vegetali erbacee è il loro reperimento. Il ricorso al fiorume locale è un valido sistema, ecologicamente corretto, ma a volte di difficile applicabilità. Pertanto sovente si ricorre a miscugli di specie prodotti da ditte specializzate la cui composizione dovrà attenersi scrupolosamente (per quanto possibile) all'elenco delle specie erbacee proposte nel progetto botanico. Generalmente tra le specie più utilizzate vengono impiegate quelle appartenenti alle famiglie delle Graminacee e Leguminose in percentuali variabili.

In base alla superficie da recuperare, la semina potrà essere effettuata a spaglio o con la tecnica dell'idrosemina. Sarebbe auspicabile, al fine di una maggiore probabilità di attecchimento, effettuare una serie di operazioni atte a garantire la costituzione del terreno vegetale per il seme, attraverso le seguenti operazioni sinteticamente elencate:

- conservazione e recupero della sostanza organica esistente
- reperimento materiale pedogenizzato in loco
- ammendamento organico diretto
- concimazione azoto-fosfatica (a differenti tempi di rilascio)
- interrimento di tutto questo materiale organico ad una profondità contenuta entro 30 cm

In relazione a quanto descritto, nella tabella successiva vengono indicate le principali specie vegetali, suddivise in base al loro portamento (arbustivo o arboreo), che si possono utilizzare negli interventi di I.N., con riferimento alla fascia climatica di appartenenza, alla comunità vegetale in cui si rinviene allo stato naturale e, per alcune, agli apparati radicali.

Tab. 6 - Specie utilizzabili in interventi di rinaturazione e di interventi di Ingegneria Naturalistica in ambito regionale.

ALBERI				
NOME SCIENTIFICO	NOME COMUNE	PIANO BIOCLIMATICO DI APPARTENENZA	NOTE ECOLOGICHE	RADICI
<i>Acer monspessulanum</i>	Acero minore	collinare-montano	Boschi termofili di latifoglie	
<i>Acer opalus subsp. obtusatum</i>	Acero d'Ungheria	collinare-montano	Boschi di latifoglie	
<i>Acer platanoides</i>	Acero riccio	collinare-montano	Boschi termofili di latifoglie	Estese, adatte ad ancorarsi tra le rocce
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Acero montano	alto collinare-montano	Boschi montani soprattutto faggete	
<i>Alnus glutinosa</i>	Ontano nero	azonale	Boschi fluviali e pianori di fondovalle	Ramificate e piuttosto superficiali, adatte in ambienti asfittici
<i>Acer campestre</i>	Acero campestre	collinare-montano	Boschi mesofili su suolo ricco	Piuttosto profonde, robuste e ramificate
<i>Carpinus betulus</i>	Carpino bianco	collinare-montano	Boschi mesofili, pianori collinari su suolo umido	
<i>Cercis siliquastrum</i>	Albero di Giuda** (probabilmente in gran parte non autoctona)	mesomediterraneo collinare-montano	Boschi termofili di latifoglie preferibilmente su calcare	
<i>Fagus sylvatica</i>	Faggio	montano	Boschi mesofili preferibilmente su suolo calcareo	Estese e fascicolate. Profonde
<i>Fraxinus excelsior</i>	Frassino maggiore	collinare-montano	Boschi riparati, forre umide	
<i>Fraxinus ornus</i>	Orniello	collinare-montano	Boschi di latifoglie submediterranei	Robuste e adatte ad ancorare la pianta anche in suoli molto sassosi
<i>Ostrya carpinifolia</i>	Carpino nero	collinare-montano	Cedui di latifoglie su suolo calcareo o debolmente acidofilo	Abbastanza superficiali ma ben ramificate. Adatte anche in ambienti sassosi
<i>Populus alba</i>	Pioppo bianco	azonale	Boschi umidi anche perennemente inondati, fiumi e corsi d'acqua	Molto estese ma poco profonde
<i>Populus nigra</i>	Pioppo nero	azonale	Fiumi e corsi d'acqua	Apparato esteso a profondità variabile (dipende dalla disponibilità idrica)

NOME SCIENTIFICO	NOME COMUNE	PIANO BIOCLIMATICO DI APPARTENENZA	NOTE ECOLOGICHE	RADICI
<i>Populus tremula</i>	Pioppo tremulo	collinare-montano	Boschi misti di latifoglie, bosceggie pioniere d'invasione	Estese ma non molto profonde
<i>Prunus avium</i>	Ciliegio selvatico <sup>*/**</sup> (esotica spontaneizzata)	collinare-montano	Boschi cedui, cespuglieti, siepi	Estese ma non molto profonde
<i>Prunus cerasifera</i>	Mirabolano, ciliegio susino* (esotica spontaneizzata)	collinare	Subspontaneo largamente coltivato in orti e giardini	
<i>Prunus cerasus</i>	Visciolo* (esotica spontaneizzata)	collinare	Boschi di latifoglie, coltivato e inselvaticato in orti e giardini	
<i>Quercus ilex</i>	Leccio	mesomediterraneo-collinare-montano	Leccete, rupi, gole calcaree	Molto robuste ed estese, adatte a penetrare in suoli rocciosi e pietrosi
<i>Quercus pubescens</i>	Roverella	mesomediterraneo-collinare-montano	Boschi termofili e cespuglieti aridi generalmente su calcare	Robuste, espanse e in profondità
<i>Quercus cerris</i>	Cerro	collinare-montano	Boschi misti di latifoglie o in consorzi puri	Fittonanti all'inizio poi ramificate, adatte ad ancorarsi su suoli superficiali.
<i>Salix alba</i>	Salice bianco	azonale	Fiumi e corsi d'acqua	Alta capacità di emettere nuove radici. Adatta in terreni pionieri per rapida ricolonizzazione
<i>Sorbus aria</i>	Sorbo montano	collinare-montano	Boschi di latifoglie, soprattutto querceti, preferibilmente su calcare	Mediamente sviluppate, adatte ai suoli ciottolosi e rocciosi
<i>Sorbus domestica</i>	Sorbo domestico	collinare-basso montano	Boschi submediterranei	
<i>Sorbus torminalis</i>	Ciavardello	collinare	Boschi di latifoglie soprattutto querceti	Adatte a penetrare in diversi substrati di terreno
<i>Sorbus aucuparia</i>	Sorbo degli uccellatori [nota finora solo per Monti Sibillini, Monti della Laga e rilievi limitrofi]	collinare-montano	Boschi misti di latifoglie	Mediamente sviluppate, adatte a suoli sassosi
<i>Tamarix africana</i>	Tamerice maggiore* (esotica spontaneizzata)	mesomediterraneo-basso collinare	Dune, paludi, largamente coltivato anche per consolidamento di pendii franosi, argini, scarpate	

NOME SCIENTIFICO	NOME COMUNE	PIANO BIOCLIMATICO DI APPARTENENZA	NOTE ECOLOGICHE	RADICI
<i>Tamarix gallica</i>	Tamerice comune*	mesomediterraneo-basso collinare	Greti di torrenti, sabbie umide	
<i>Taxus baccata</i>	Tasso	collinare-montano	Boschi freschi, faggete su suolo calcareo.	
<i>Ulmus glabra</i>	Olmo montano	collinare-montano	Boschi mesofili	
<i>Ulmus minor</i>	Olmo campestre	mesomediterraneo-collinare-basso montano	Siepi, boschi, incolti	Molto robuste, ramificate e pollonanti
<b>ARBUSTI</b>				
NOME SCIENTIFICO	NOME COMUNE	PIANO BIOCLIMATICO DI APPARTENENZA	NOTE ECOLOGICHE	RADICI
<i>Amelanchier ovalis</i>	Pero corvino	collinare-montano	Stazioni soleggiate su rocce calcaree	Ramificate e robuste, molto adatte per ambienti rocciosi
<i>Arbutus unedo</i>	Corbezzolo	mesomediterraneo-collinare-montano	Leccete, macchie, boschi termofili	
<i>Buxus sempervirens</i>	Bosso	collinare	Boschi termofili di latifoglie, rupi, pietraie	Molto ramificate e robuste, adatte a penetrare nelle crepe delle rocce.
<i>Cistus creticus</i> subsp. <i>eriocephalus</i>	Cisto rosso**	mesomediterraneo-collinare-montano	Macchie e garighe	
<i>Cistus salvifolius</i>	Cisto femmina**	collinare-montano	Leccete, macchie, garighe su suoli acidi	
<i>Colutea arborescens</i>	Vescicaria	mesomediterraneo-collinare-montano	Pendii aridi, boscaglie, su substrato preferibilmente calcareo	Abbastanza profonde e robuste
<i>Cornus mas</i>	Corniolo**	mesomediterraneo-collinare-montano	Boschi mesofili di latifoglie	Robuste e ramificate
<i>Cornus sanguinea</i>	Sanguinello**	collinare-montano	Boschi di latifoglie (querce, castagneti), siepi	Robuste e ramificate con capacità pollonifera
<i>Emerus major</i>	Coronilla/dondolino**	mesomediterraneo-collinare-basso montano	Boschi preferii xerofili e cespuglieti su calcareo	Fittonante e piuttosto estese, adatte a penetrare nelle rocce
<i>Corylus avellana</i>	Nocciolo	collinare	Boschi di latifoglie, pianori di fondovalle	Molto ramificate e robuste, penetrano tra pietre e sassi.
<i>Cotinus coggygia</i>	Scotano	collinare-basso montano	Boschi termofili e xerofili su calcare a pH elevato	Molto robuste, adatte a penetrare tra pietre, rocce e sassi.

NOME SCIENTIFICO	NOME COMUNE	PIANO BIOCLIMATICO DI APPARTENENZA	NOTE ECOLOGICHE	RADICI
<i>Crataegus monogyna</i>	Biancospino comune - Azaruolo selvatico**	collinare-montano	Cespuglieti, siepi, boschi xerofili degradati preferibilmente su terreno calcareo	Molto estese con produzione di polloni radicali
<i>Crataegus laevigata</i>	Biancospino selvatico	mesomediterraneo collinare-montano	Boschi caducifogli su suolo ricco (soprattutto querceti) e loro fasi di degradazione	
<i>Cytisophyllum sessilifolium</i>	Citiso	collinare-montano	Boschi di latifoglie (querceti, castagneti) e cespuglieti	
<i>Euonymus europaeus</i>	Fusaggine	collinare-montano	Boschi di latifoglie (soprattutto querceti e castagneti), siepi	Superficiali e poco ramificate
<i>Genista tinctoria</i>	Ginestrella	collinare-basso montano	Boschi submediterranei, (querceti, castagneti), specie su substrato acidofilo	
<i>Ilex aquifolium</i>	Agrifoglio	collinare-montano	Boschi (soprattutto faggete)	Molto robuste e adatte ad ancorare la pianta
<i>Juniperus communis</i>	Ginepro comune	collinare-montano	Pascoli e boscaglie aperte aride	Robuste ma relativamente superficiali
<i>Juniperus oxycedrus</i>	Ginepro rosso	collinare-montano	Pascoli e boscaglie aperte, mantelli	
<i>Laburnum anagyroides</i>	Maggiociondolo	collinare-basso montano	Boschi freschi di latifoglie	Abbastanza superficiali, anche se molto ramificate
<i>Laburnum alpinum</i>	Maggiociondolo alpino	montano	Boschi freschi soprattutto faggete	
<i>Laurus nobilis</i>	Alloro	mesomediterraneo-collinare-basso montano	Stazioni soleggiate nella zona dell'olivo	
<i>Ligustrum vulgare</i>	Ligustro**	collinare-montano	Boschi caducifogli, soprattutto ai margini e nei cespuglieti di degradazione, siepi	Non molto profonde ma abbastanza ramificate
<i>Lonicera caprifolium</i>	Caprifoglio**	mesomediterraneo collinare-montano	Boschi caducifogli, soprattutto querceti, boscaglie, siepi	
<i>Lonicera etrusca</i>	Madreselva	mesomediterraneo-collinare-montano	Boschi termofili (querceti submediterranei, leccete, boscaglie, siepi)	
<i>Lonicera implexa</i>	Caprifoglio mediterraneo**	mesomediterraneo-collinare	Boschi termofili, macchie, leccete	

NOME SCIENTIFICO	NOME COMUNE	PIANO BIOCLIMATICO DI APPARTENENZA	NOTE ECOLOGICHE	RADICI
<i>Malus sylvestris</i>	Melo selvatico	collinare-montano	Boschi freschi preferibile su substrato debolmente acidofilo	
<i>Phillyrea latifolia</i>	Fillirea**	mesomediterraneo-collinare	Macchie e leccete	
<i>Pistacia terebinthus</i>	Terebinto**	mesomediterraneo-collinare	Pendii aridi e rupi calcarei, boschi termofili	
<i>Prunus mahaleb</i>	Ciliegio canino	collinare-montano	Boscaglie termofile, siepi	Molto ramificate, permettono l'insediamento della specie in zone sassose e rupestri.
<i>Prunus spinosa</i>	Prugnolo	mesomediterraneo-collinare-montano	Boschi cedui, cespuglieti, siepi, muretti	Estremamente ramificate e pollonanti
<i>Pyracantha coccinea</i>	Agazzino**	collinare	Boschi sempreverdi, leccete, siepi	
<i>Pyrus pyraister</i>	Pero selvatico	collinare-montano	Boschi umidi su suoli ricchi in sostanze nutritive	
<i>Rhamnus alaternus</i>	Alaterno**	mesomediterraneo collinare-basso montano	Macchia mediterranea sempreverde, lecceta, boschi termofili	
<i>Rhamnus cathartica</i>	Spinocervino	collinare-basso montano	Boschi termofili, cespuglieti	Estese e penetranti
<i>Rosa canina s.l.</i>	Rosa selvatica	mesomediterraneo-collinare-montano	Boscaglie degradate con querce caducifoglie, faggi, abeti, pini, cespuglieti e siepi	
<i>Rosa sempervirens</i>	Rosa di S. Giovanni**	mesomediterraneo-collinare-basso montano	Leccete, macchie sempreverdi, raramente anche nei tipi più termofili di bosco submediterraneo	
<i>Sambucus nigra</i>	Sambuco nero	collinare-montano	Corsi d'acqua, boschi umidi, radure dei boschi, siepi	Ramificate ma piuttosto deboli
<i>Salix appennina</i>	Salice appenninico	alto collinare-montano	Boschi umidi di latifoglie	
<i>Salix caprea</i>	Salicone	collinare-montano	Boschi umidi di latifoglie	

NOME SCIENTIFICO	NOME COMUNE	PIANO BIOCLIMATICO DI APPARTENENZA	NOTE ECOLOGICHE	RADICI
<i>Salix eleagnos</i>	Salice ripaiolo	azonale	Fiumi e corsi d'acqua su greti e sabbie umide.	Ramificate più o meno profonde a seconda della disponibilità idrica.
<i>Salix purpurea</i>	Salice rosso	azonale	Greti dei corsi d'acqua	Molto ramificate estese e profonde.
<i>Salix triandra</i>	Salice da ceste	azonale	Fiumi e corsi d'acqua	Ramificate mediamente sviluppate; facilmente emesse dai fusti interrati
<i>Spartium junceum</i>	Ginestra	collinare-montano	Boscaglie e aree aperte su scarpate soleggiate preferibilmente su calcareo	Piuttosto superficiali, ma adatte a penetrare in suoli con particelle fini
<i>Viburnum lantana</i>	Lantana	collinare-montano	Boschi di caducifoglie termofili soprattutto querceti	Non molto sviluppate né profonde
<i>Viburnum tinus</i>	Laurotino, Viburno tino	mesomediterraneo-collinare-montano	Lecce, boschi sempreverdi misti a latifoglie, siepi	

\* specie non autoctona ma utilizzata in interventi di I.N. in aree problematiche

\*\* adatto per rinforzimento di siepi in ambito mediterraneo

#### Glossario

- **Ammendante:** sostanza in grado di migliorare e/o correggere la costituzione fisico-meccanica e la reazione di un terreno.
- **Azonale:** formazione vegetale che non rientra in un ambito fitoclimatico preciso.
- **Climax:** fase finale, ottimale, del ciclo evolutivo di un complesso vegetale in perfetto equilibrio con i fattori fisici e climatici ambientali.
- **Mesofila:** specie che necessita di quantità medie di temperatura e umidità.
- **Pianta autoctona:** pianta nativa dell'area geografica in cui risiede, indigena.
- **Pianta rustica:** pianta capace di sopportare e superare facilmente le avversità climatiche e ambientali.
- **Piante pioniere:** piante rustiche e di rapido accrescimento, che tentano la conquista in condizioni ambientali ostili (cave, discariche).
- **Pollone:** germoglio che si sviluppa dal colletto della pianta in modo naturale o in seguito a taglio di fusti o rami. Si distinguono polloni veri (da gemme di fusti e rami) e polloni radicali (da gemme radicali).
- **Sciaffio:** specie vegetale in grado di tollerare o prediligere condizioni di scarsa illuminazione.
- **Terreno vegetale:** parte più superficiale di un profilo di suolo, più umica e comprende il reticolo radicale e la pedofauna.
- **Xerico:** di ambiente arido e secco.
- **Xerofita:** pianta che predilige luoghi aridi.

## 7. L'INGEGNERIA NATURALISTICA NEGLI AMBITI IDROGRAFICI

*Gigliola Alessandroni*

La rete idrografica della regione Marche è strettamente correlata all'assetto orografico regionale, caratterizzato da una fascia occidentale prevalentemente montuosa e da una orientale essenzialmente collinare che si estende fino alla costa.

I principali fiumi scorrono, condizionati dal gradiente regionale e da dislocazioni tettoniche, con andamento subparallelo tra loro e perpendicolarmente alle strutture orografiche.

Nella fascia occidentale dove affiorano i terreni calcarei, scarsamente erodibili, le aste fluviali hanno pendenze medie piuttosto elevate, le valli fluviali sono strette, profonde e generalmente prive di depositi alluvionali; i corsi d'acqua hanno portate scarse con regime tipicamente torrentizio. Le valli fluviali tendono ad ampliarsi, dalla fascia collinare, in cui affiorano i terreni prevalentemente sabbiosi ed argillosi, più erodibili, fino alla zona costiera.

In questo ambito i pendii longitudinali e trasversali sono caratterizzati da una graduale minore acclività, hanno il massimo sviluppo i depositi alluvionali terrazzati ed i corsi d'acqua hanno portate maggiori, pur mantenendo un regime complessivamente torrentizio.

### 7.1 Criteri di studio

L'analisi dei diversi fattori che possono incidere sul mantenimento di un habitat fluviale equilibrato e sulla sua rinaturalizzazione, comporta una valutazione comune della metodologia di progetto e della scelta del materiale da utilizzare, per garantire il mantenimento della biodiversità ambientale.

Alla base di qualunque intervento da realizzarsi nell'ambito dei corsi d'acqua è importante studiare il sistema fisico ed i principali fenomeni che si svolgono, definendone alcuni punti principali, finalizzati all'individuazione del modello del tracciato del corso d'acqua (braided, meandriforme, anastomizzato, ecc.), alla scelta e dimensionamento del tipo di intervento idraulico nonché ad un idoneo inserimento paesaggistico ed ambientale:

- caratteristiche idrogeologiche ed idrauliche: regime delle portate, geometria della sezione idraulica;
- caratteristiche morfologiche e sedimentologiche: rilievo delle sezioni, profilo plano-altimetrico, pendenza del fondo dell'alveo, granulometria dei sedimenti del letto e delle sponde, parametri geotecnici e ricostruzione delle sezioni geologiche, trasporto solido;
- caratteri vegetazionali: individuazione delle varie tipologie arboree/arbustive.

Gli interventi su un corso d'acqua possono essere volti sia alla regimazione (modifica del regime delle portate mediante arginature, dighe, ecc.) sia alla sistemazione (risagomatura, stabilizzazione, consolidamento, ecc.) ottimale, per il raggiungimento di uno stabile assetto plano-altimetrico.

Nei progetti di sistemazione idraulica è altresì significativa una valutazione della qualità ambientale di un corso d'acqua sulla base di indagini floristiche e vegetazionali.

La scheda allegata esemplificativa (Cornellini & Sauli, 2002), propone un'indagine semplificata e speditiva per valutare l'ambito d'intervento dell'I.N. nel territorio.

La classe di qualità va calcolata sia per la sponda destra che per quella sinistra, sommando ai relativi valori di ogni sponda quelli dell'alveo che va computato due volte, con un punteggio massimo per ogni sponda di 120 e minimo di 8.

**Scheda di valutazione della qualità ambientale di un corso d'acqua (Cornellini e Sauli, 2002)**

Scheda n° ..... Foto n° ..... Data .....

Corso d'acqua .....

Comune .....

Località .....

Altitudine .....

Lunghezza tratto esaminato .....

<b>Sponda</b>	<b>Sx</b>	<b>Dx</b>
1 - Territorio terrestre circostante		
Boschi autoctoni, vegetazione potenziale	16	16
Cespuglietti, boscaglie autoctone	8	8
Incolti, prati pascoli, formazioni legnose sinantropiche	4	4
Colture agrarie	2	2
Aree urbanizzate	1	1
2 - Vegetazione fasce ripariali		
2.1 formazioni arboree ripariali autoctone (saliceti, ontaneti, pioppeti)	16	16
2.2 formazioni arbustive ripariali autoctone (saliceti, cespuglieti idrofilii), popolamenti elofitici, cariceti, formaz. erbacee igrofile, formaz. arboree sinantropiche	8	8
Incolti, prati pascoli, formazioni sinantropiche (robinieti, roveti, canneti ad Arundo donax)	4	4
Colture agrarie	2	2
Assenza di vegetazione per cause naturali o antropiche	1	1
3 - Ampiezza fascia ripariale		
Fascia ripariale autoctona maggiore di 30 m	16	16
Fascia ripariale autoctona 5-30 m	8	8
Fascia ripariale autoctona 1-5 m	4	4
Assenza fascia ripariale autoctona	1	1
4 - Continuità fascia ripariale		
Fascia ripariale autoctona senza interruzioni	16	16
Fascia ripariale autoctona con interruzioni saltuarie	8	8
Fascia ripariale autoctona con interruzioni frequenti	4	4
Assenza fascia ripariale autoctona	1	1
<b>Alveo</b>	<b>alveo</b>	
5 - Vegetazione nell'alveo bagnato		
Assenza di vegetazione per elevate velocità dell'acqua o presenza di macrofite acquatiche non indicatrici di carico organico, acque non inquinate	8	
Presenza di macrofite acquatiche indicatrici di carico organico, acque mediamente inquinate	4	
Elevata copertura di macrofite eutrofiche, acque altamente inquinate	1	
6 - Regime idraulico		
Alveo di morbida con portata continua durante tutto l'anno	16	
Alveo di morbida con portata discontinua	8	
Alveo in secca per la maggior parte dell'anno	1	
7 - Naturalità della struttura morfologica della sezione trasversale		
Sezione completamente naturale	16	
Sezione con limitati elementi artificiali ormai inseriti nell'ambiente, briglie distanziate, argini in terra lontani dall'alveo	8	
Sezione con evidenti elementi artificiali, briglie ravvicinate, argini in terra prossimi all'alveo	4	
Sezione completamente artificiale (cementificata, a sezione geometrica, ecc)	1	
8 - Diversificazione morfologica del tracciato longitudinale		
Meandri o raschi, pozze ben distinti e ricorrenti	16	
Meandri o raschi, pozze presenti, ma discontinui	8	
Corso canalizzato, ma non rettificato	4	
Corso d'acqua rettificato	1	
Totale		
Classe di qualità		

Classe di qualità	Valori	Giudizio	Colore
V	8-30	Pessima	Rosso
IV	31-52	Bassa	Arancio
III	53-74	Media	Giallo
II	75-96	Buona	Verde
I	97-120	Elevata	Blu

## 7.2 Principi generali

L'Ingegneria Naturalistica in ambito idrografico necessita più di altri di radicali modifiche dei principi di sistemazione, anche alla luce delle più recenti acquisizioni della scienza idrologica e dell'ecologia del paesaggio, secondo il seguente schema:

sistemazioni non consigliabili	sistemazioni da privilegiare
- Deflusso veloce	- Ritenzione
- Salti di fondo	- Rampe
- Riduzione delle aree di pertinenza fluviale	- Aumento delle aree di pertinenza fluviale
- Alveo rettificato e cementato	- Alveo divagante e consolidato a verde
- Alveo costretto	- Alveo allargato
- Alveo intubato	- Alveo riportato in superficie
- Difesa attiva dalle acque	- Difesa passiva dalle acque
- Potenziamento delle opere	- Interventi puntuali conservazione/manutenzione

Per quanto concerne la progettazione degli interventi di sistemazione idrogeologica, dovrà essere in primo luogo valutata l'effettiva necessità dell'intervento in funzione della manifesta pericolosità, le alternative possibili ed il rapporto tra i benefici previsti e gli effetti potenziali negativi indotti, più o meno prevedibili. Gli interventi di difesa attiva o passiva dovranno comunque privilegiare, ove possibile, le tecniche di ingegneria naturalistica.

Si rammenta inoltre l'opportunità che l'impiego delle tecniche di I.N. sia legato ad una pianificazione complessiva a livello di bacino o sottobacino sull'uso del territorio, di cui le opere idrauliche sono un semplice elemento. Particolarmente significativa al riguardo è la possibilità di sinergie con i piani generali di difesa della natura e del paesaggio, a partire dai piani delle aree protette (Parchi e Riserve naturali) e con i piani integrati per la difesa del suolo.

## 7.3 Sistemazioni fluviali: casistica di intervento

Le sistemazioni idrauliche possono essere suddivise in due gruppi principali:

- 1) sul letto e sulla sponda fluviale (interventi di consolidamento e/o stabilizzazione per il contenimento delle portate di piena, contro l'erosione al piede delle sponde, ecc.);
- 2) interventi in alveo (sponde periodicamente sommerse).

La scelta e la collocazione degli interventi è funzione di vari parametri tra cui i principali possono ricondursi alla velocità di deflusso (correlata alla pendenza del fondo) ed al diametro del trasporto solido.

Per progetti di rivestimento e consolidamento delle sponde di corsi d'acqua in zone montane, a forte pendenza ed alte sponde, dove la velocità della corrente va da 3 a >6 m/s, il diametro del trasporto solido da 1 fino a >20 cm e la natura del fondo è composta da massi, ciottoli e ghiaia molto grossolana, è più idoneo intervenire se non con opere rigide, almeno con scogliere rinverdite, gabbionate spondali rinverdite, palificate vive spondali, pennello vivo, materasso rinverdito, terra rinforzata rinverdita, ecc.

Tali interventi tendono a far diminuire l'azione di trascinamento dell'acqua, favorendo la deposizione di materiale fino, che possa permettere l'attecchimento della vegetazione e la sua stabilizzazione anche con l'impiego associato di geostuoie o geocompositi, con funzione di protezione, rispetto all'erosione fluviale e sostegno della sponda fino al vero e proprio consolidamento.

La gamma delle tecniche utilizzabili si amplia nelle zone collinari e pianeggianti, diminuendo i parametri di pendenza, velocità della corrente e trasporto, con velocità della corrente inferiore a 3 m/s, diametro del trasporto solido compreso tra 1 e 20 cm e terreni che vanno dalle ghiaie medio-fini a sabbie ed argille.

Nei corsi d'acqua a bassa pendenza, oltre ad alcune delle tipologie precedenti (gabbionata rinverdita, pennello vivo), per il semplice rivestimento antierosivo si possono usare stuoie in juta, biostuoie in fibra vegetale oppure geostuoie quando si tratta di sponde molto regolari in tratti in genere canalizzati; la geostuoia si può associare a reti metalliche nel caso in cui le sponde siano soggette a frequenti immersioni.

Negli interventi stabilizzanti sulle sponde di corsi d'acqua, a debole azione erosiva di fondo, si possono ad esempio impiegare fascinate vive di sponda, realizzando il presidio del piede con gabbioni cilindrici, prevedendo il rivestimento della sponda con geocompositi, idrosemina oppure inserimento di talee o meglio ancora la combinazione di entrambe le metodologie.

Altri interventi adeguati consistono nella realizzazione di copertura diffusa con ramaglia viva e difesa longitudinale al piede, graticciata di ramaglia per le anse in erosione, messa a dimora di talee legnose, spesso associata a biostuoie o geostuoie.

Nell'uso di biostuoie o geostuoie è consigliabile valutare bene le schede tecniche delle varie tipologie, non solo in funzione del risultato progettuale ma soprattutto dei parametri idraulici, morfologici e sedimentologici, acquisiti nella fase di analisi dell'intervento da progettare.

Tenendo conto che esistono comunque dei limiti tecnici di impiego delle tecniche di I.N., di seguito vengono riportate proposte esemplificative per la scelta delle tipologie di intervento con tecniche di I.N., basate sui valori indicativi di velocità, corrente e diametro del trasporto solido.

Tab. 7 - Indicazioni di massima per le scelte tipologiche degli interventi di ingegneria naturalistica nelle sistemazioni idrauliche (da Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Ministero dell'Economia e delle Finanze, 2005).

Velocità della corrente		>6 m/s	Da 3 a 6 m/s		<3 m/s	
Diametro medio trasporto solido		Tutti i diametri	>20 cm	Da 5 a 20 cm	Da 1 a 5 cm	<1 cm
Natura del fondo		Ghiaia, ciotoli, massi	Ghiaia e ciotoli		Sabbia, ghiaia	Limo, sabbia
Tipologia interventi	<b>Stabilizzazione versanti</b>	A			/	/
	<b>Rivestimento/consolidamento sponde</b>	B	C	D	E	/
	<b>Modifiche morfologia corso d'acqua</b>	/	F	F	G	H
	<b>Rinaturazione e ricostruzione biotopi umidi</b>			Parziale	Buona	Ottimale
	<b>Provvedimenti uso faunistico</b>	L		M	M	/

#### Legenda

A = cordonata, cuneo filtrante, fascinata, gabbionata, geocella a nido d'ape, gradonata, grata viva su scarpata, materasso verde, messa a dimora di arbusti, messa a dimora di talee, muro cellulare rinverdito, palificata viva, palizzata, rivestimenti in rete metallica e stuoia, semina, semina potenziata, stuoie su versante, viminata;

B = blocchi incatenati, muro a secco rinverdito, muro cellulare rinverdito, opere rigide in cls, gabbionata spondale rinverdita;

C = B + rampa a blocchi;

D = gabbionata spondale, materasso rinverdito, muro cellulare rinverdito, palificata viva spondale, pennello vivo;

E = biostuoia, biofello, blocchi incatenati, copertura diffusa con ramaglia viva, fascinata viva, gabbionata rinverdita, geocomposito in rete metallica e geostuoia tridimensionale, geostuoia tridimensionale sintetica bitumata, geostuoia tridimensionale sintetica, gradonata viva, grata viva, graticciata di ramaglia, materasso rinverdito, messa a dimora di talee legnose, muro a secco rinverdito, muro cellulare rinverdito, palificata viva, pennello vivo, piantagione di arbusti, rampa a blocchi, ribalta viva, rulli spondali, semina, idrosemina, semina a spessore, terre rinforzate verdi, trapianto di cespi e rizomi, traversa viva, viminata viva;

F = ampliamento sezione, casse di espansione;

G = F + recupero vecchi meandri;

H = G + impaludamento area foce;

L = rampa a blocchi;

M = L + scale di risalita.

Tab. 8 - Selezione delle tecniche in funzione della velocità della corrente (da Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Ministero dell'Economia e delle Finanze, 2005).

<b>Velocità della corrente</b>	<b>Consolidamento/rivestimento sponde con tecniche di I.N.</b>
< 3 m/sec	1. Biostuoia in fibra vegetale
	2. Geostuoia tridimensionale sintetica
	3. Geostuoia tridimensionale sintetica bitumata in opera a freddo
	4. Geostuoia tridimensionale sintetica prebitumata industrialmente a caldo
	5. Messa a dimora di talee legnose
	6. Trapianto di cespi e rizomi
	7. Piantagione di arbusti
	8. Copertura diffusa
	9. Fascinata viva
	10. Viminata spondale
	11. Graticciata di ramaglia
	12. Ribalta viva
	13. Rullo spondale
	14. Grata viva
	15. A – palificata viva spondale semplice B – palificata viva spondale doppia C – palificata spondale con palo verticale D – palificata viva spondale <i>tipo Roma</i>
3÷6 m/sec	16. Pennello vivo
	17. Materasso spondale rinverdito
	18. Terra rinforzata rinverdita
	19. Gabbionata spondale rinverdita
	20. Palizzata viva in putrelle e traverse
> 6 m/sec	21. Muro cellulare in cls rinverdito
	22. Scogliera rinverdita
	23. Blocchi incatenati
	24. Rampa a blocchi

#### 7.4 Interventi operativi

In primo luogo dovranno essere individuate e verificate, secondo le direttive dell'Autorità di Bacino, le aree di pertinenza fluviale con le relative fasce di divagazione e le aree di esondazione in relazione ai tempi di ritorno delle piene. Gli interventi dovranno pertanto essere tesi alla conservazione ed eventualmente al ripristino di queste aree di esondazione, anche mediante l'acquisizione dei terreni o l'apposizione di vincoli nelle aree di pertinenza fluviale.

All'interno di tali zone si dovrà quindi tendere ad un assetto naturalistico.

Nella fase di analisi preliminare alla progettazione sarà opportuno che vengano identificati i livelli di medio, di magra, di morbida e di piena del corso d'acqua in relazione alla pendenza delle sponde. Tali livelli, sommati alla frequenza con cui l'acqua bagna la sponda ad una certa altezza, determinano l'instaurarsi di differenti subzone vegetazionali, determinanti per la scelta delle specie vegetali più idonee da impiegare negli interventi.

La fase di collaudo presenterà necessariamente modalità differenti da quelle tradizionali, in quanto la componente vegetazionale, essenziale nelle tecniche di ingegneria naturalistica, richiede la verifica del suo efficace attecchimento. Per tale motivo sarà predisposto il certificato di regolare esecuzione al termine dei lavori, nel quale saranno dichiarate le modalità di trattamento e di messa a dimora del materiale vegetale.

L'approvazione del certificato di regolare esecuzione e della relativa contabilità finale rimarrà subordinata alla verifica del grado di attecchimento dei vegetali impiegati e verrà effettuata nella stagione vegetativa successiva alla conclusione dell'intervento.

Nella progettazione con le opere vive sono infatti da considerare sia la resistenza a fine lavori con le piante non sviluppate, sia la resistenza dopo circa due anni con le piante sviluppate nelle radici e nella parte aerea, in grado di contribuire alla resistenza della struttura.

Per ciò che riguarda i valori della massima resistenza al trascinamento delle opere di I.N., si riportano i valori della tabella seguente, ricavati da dati bibliografici e dalle sperimentazioni.

Tab. 9 - Resistenza all'erosione delle principali opere idrauliche di ingegneria naturalistica (da Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Ministero dell'Economia e delle Finanze, 2005).

Tipologia intervento	$\zeta$ max sopportabili dalla struttura appena realizzata senza lo sviluppo di piante vive N/m <sup>2</sup>	$\zeta$ max sopportabili dalla struttura con piante vive dopo il terzo periodo vegetativo N/m <sup>2</sup>
Cotico erboso	20 (P)	25 (P) - 40 (G) - 30 (M)
Talee	10 (M/P)	150 (C) - 60 (M/P) - 100 (G)
Copertura diffusa	50 (M) - 150 (P)	300 (M/F/P)
Viminata	10 (M/P)	20 (P) - 50 (M)
Pali con fascine		250 (F)
Gradonata viva	20 (P)	120 (F/P)
Fascinata viva	20 (P) - 70 (G) morta	80 (C) - 100 (G) - 60 (P)
Palificata doppia	500 (P)	600 (P)
Gabbionata viva	340 (M)	400 (M)
Materasso rinverdito	200-320 (M)	400 (M)
Scogliera rinverdita con talee di salice	100 (P)	300 (M/P)

Legenda:

(C) = Cornellini, Crivelli, Palmeri, Sauli 2001

(F) = Florineth 1999

(G) = Gertsgraser 1999

(M) = Maccaferri 1996 (Programma Macra)

(P) = Palmeri, Calò 1996

Le opere di difesa idrogeologica dovranno rispondere agli indirizzi della progettazione ambientale ed in particolare dovranno tener conto della dinamica geomorfologica e della tendenza evolutiva dei corsi d'acqua, facendo riferimento, ove possibile, alle tipologie afferenti all'ingegneria naturalistica.

Si dovranno rispettare i parametri caratteristici degli alvei, quali pendenza, sezione, granulometria dei materiali del fondo e delle sponde, e salvaguardare le aree di esondazione e le aree di divagazione, che garantiscano condizioni accettabili di equilibrio del corso d'acqua.

Lungo il corso d'acqua dovrà essere garantita la continuità degli scambi biologici fra i vari tronchi, privilegiando la realizzazione di soglie-rampe rispetto ad opere trasversali insuperabili dalla fauna ittica e comunque dovranno essere previste rampe per la risalita dei pesci. In particolare, durante i regimi di magra, le opere di captazione idraulica dovranno garantire un minimo deflusso vitale.

Lungo le sponde dovrà anche essere garantita la continuità del corridoio ecologico costituito dalla vegetazione ripariale. In particolare, entro i limiti del possibile, si dovrà ridurre la pendenza delle sponde e massimizzare la superficie di contatto fra la sponda ed il corpo d'acqua, per garantire la maggiore potenzialità di sviluppo dell'ecosistema.

All'interno delle zone a rischio di esondazione, individuate e normate dal Piano di Assetto Idrogeologico (aree di pertinenza fluviale, fasce di divagazione, aree di esondazione, ecc.), gli interventi dovranno seguire i criteri dettati dal piano stesso, tendente al complessivo mantenimento dell'assetto naturalistico.



## 8. L'INGEGNERIA NATURALISTICA NEI VERSANTI COLLINARI

Francesco Giambartolomei

### 8.1 Caratteristiche morfologiche e geologiche delle Marche

L'assetto morfologico delle Marche risulta prevalentemente montuoso nella fascia occidentale, mentre si presenta collinare e pianeggiante verso l'Adriatico.

Le porzioni più interne sono caratterizzate da due dorsali montuose costituite prevalentemente da rocce calcaree poco erodibili, mentre il territorio compreso tra queste è costituito da un'area collinare con formazioni terrigene.

La restante zona collinare, più ampia e degradante sino al Mare Adriatico, con altezza media inferiore a 200 m è costituita in prevalenza da depositi pelitici ed arenacei plio-pleistocenici.

Mentre le valli interne si presentano strette e ripide, profondamente incise, nelle zone collinari si hanno valli più ampie e dolci caratterizzate da litotipi facilmente erodibili, argillosi e sabbiosi.

Le formazioni litologiche affioranti possono in larga massima essere suddivise in funzione della loro resistenza alla erodibilità.

Il grado di resistenza può essere attribuito in ordine decrescente di resistenza a calcari, conglomerati ed arenarie, marne, gessi ed argilla, oltre ai depositi di materiali sciolti costituiti da ciottoli e peliti.

Questi ultimi possono essere considerati di resistenza decrescente con il diminuire delle dimensioni delle particelle che li costituiscono.

#### 8.1.1 Caratteristiche comportamentali dei vari litotipi elencati nei confronti degli agenti esogeni e dei processi morfogenetici

*Calcari*: in relazione alla loro consistenza, presentano una morfologia piuttosto aspra, con versanti molto acclivi, una sostanziale stabilità ed una notevole resistenza all'erosione mentre sono soggetti all'azione del gelo.

*Marne*: le formazioni marnose presentano una morfologia meno aspra, e talora molto morbida, sono più facilmente erodibili e presentano versanti meno ripidi e valli incise più ampie. Questo è direttamente legato al passaggio dai calcari marnosi alle marne calcaree, alle marne ed in definitiva al contenuto argilloso dei litotipi.

*Argille*: i litotipi argillosi risultano fortemente erodibili ed instabili, e la conformazione morfologica attenua i rilievi e presenta frequenti instabilità più o meno superficiali; sono fortemente sottoposti ad erosione ed alterazione ed originano depositi facilmente mobilizzabili. Tra le forme morfologiche più caratteristiche generate dall'erosione diffusa si annoverano i calanchi che, per la loro scarsa resistenza all'erosione, tendono a continui cambiamenti di forma, normalmente con andamento regressivo.

*Gessi*: questi litotipi presentano facilità erosiva, e soprattutto zone soggette a fenomeni di dissoluzione, dando luogo a forme dolci, e talora moderatamente carsiche.

Nelle Marche, i litotipi riconducibili al gruppo delle argille, più erodibili, sono molto frequenti nella fascia periadriatica originando una morfologia dolce ed ondulata, con acclività medio-bassa, valli ampie e versanti a dolce pendenza, fortemente interessati da dislocazioni, soliflussi e dissesti di vario ordine di importanza.

Va stigmatizzato che una notevole responsabilità sull'insorgere di questi dissesti è da attribuire all'intervento antropico, che, con la meccanizzazione delle pratiche agricole, (p.e. asportazioni dei filari e delle siepi che dividono i campi), e molto spesso anche con l'abbandono delle consuete pratiche di buona conduzione dei fondi agricoli un tempo effettuate (la regimazione delle acque con canalette e solchi, la bonifica dei drenaggi, ecc.) producono un'accelerazione delle trasformazioni morfologiche, accentuando l'azione degli agenti esogeni ed erosivi, instaurando instabilità di vario grado.

Tali fenomeni (soliflussi, plasticizzazioni, frane) dipendono, inoltre, fortemente dall'azione gravitazionale, dall'infiltrazione e ristagno dell'acqua, dalle caratteristiche geomeccaniche dei litotipi.

Le Marche sono fortemente interessate da movimenti franosi, che tra l'altro coinvolgono anche gran parte dei centri abitati.

### **8.1.2 Clima**

L'aspetto meteo-climatico ricopre grande importanza nello studio del territorio quando ci si propone di analizzare le caratteristiche generali e specifiche di un'area ai fini di valutare interventi di ricomposizione di dissesti idrogeologici.

In larga massima si può dire che il territorio marchigiano presenta temperature medie variabili intorno a 14÷16°C, e variazioni stagionali che portano a valori dell'ordine di 3÷8°C nel periodo invernale e 21÷26°C in quello estivo.

Le precipitazioni medie si aggirano intorno a 700 mm/anno verso la costa, e a 1.500 mm/anno nelle zone montuose.

Tuttavia questi dati ed altri più specifici, come ad esempio la quantità di pioggia caduta in un determinato periodo, vanno acquisiti zona per zona, utilizzando i dati registrati dalle varie stazioni di rilevamento, considerando una serie conveniente di dati storici. Su questi si baserà una necessaria elaborazione per stimare gli eventi critici a cui quell'area potrebbe essere sottoposta con cadenza variabile (tempi di ritorno di 20-30-50-100-200 anni) come richiesto dalla norma.

## **8.2 Analisi per la valutazione di un evento franoso**

L'analisi di un dissesto parte dalla ricerca e analisi di:

- dati meteorologici, bilancio idrologico del bacino o micro-bacino interessato;
- caratteristiche morfologiche, in particolare pendenza e altitudini;
- regime idraulico superficiale;
- sistema di circolazione delle acque sotterranee;
- individuazione di formazioni geologiche in affioramento, accumuli detritici, colluviali, eluviali;
- caratteristiche geomeccaniche dei litotipi;
- geometria del dissesto e degli stessi accumuli terrigeni, entità delle masse coinvolte;
- valutazione della copertura vegetazionale.

Le masse coinvolte dai dissesti risultano prevalentemente le componenti detritiche e colluviali prodotte dall'erosione delle formazioni geologiche di base.

Nelle nostre zone (fascia collinare marchigiana) sono quindi in prevalenza da considerare litotipi limo-argillosi e argillo-marnosi alternati e frammisti a sabbie e a limi sabbiosi-plastici.

Queste tipologie litologiche sono sicuramente quelle più sottoposte ad alterazione - rigonfiamento - plasticizzazione dovuti all'infiltrazione e ritenzione delle acque da cui vengono mobilizzate.

Tab. 10 - Schematizzazione di un'analisi preliminare.

formazioni geologiche/litostratigrafia	<ul style="list-style-type: none"> <li>∞ coltri di ricoprimento</li> <li>∞ terreni colluviali ed eluviali</li> <li>∞ formazioni in posto</li> </ul>
idrogeologia	<ul style="list-style-type: none"> <li>∞ permeabilità delle formazioni - circolazione di acque superficiali</li> <li>∞ circolazione di acque sotterranee</li> </ul>
morfologia e struttura	<ul style="list-style-type: none"> <li>∞ acclività dei versanti</li> <li>∞ direzione e pendenza degli strati superficiali</li> <li>∞ fratture e faglie</li> </ul>
caratteristiche geomeccaniche	<ul style="list-style-type: none"> <li>∞ esecuzione sondaggi geognostici, prelievo campioni</li> <li>∞ caratteristiche dei litotipi da individuare in laboratorio</li> </ul>
caratteristiche meteorologiche	<p>acquisizione ed analisi dei dati meteo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>∞ piovosità, bilancio idrologico del bacino</li> <li>∞ esposizione, radiazione solare</li> <li>∞ esposizione ai venti</li> <li>∞ temperature, umidità</li> <li>∞ gelo</li> </ul>
alterazioni provocate o accelerate dagli interventi antropici	viabilità, cave, disboscamenti, abbandono del territorio, assenza di regimazione idraulica, meccanizzazione spinta delle pratiche agricole, terreni coltivati sino al ciglio delle scarpate, ecc.
geometria del dissesto	individuazione areale e della profondità della superficie di scivolamento mediante rilevamenti topografici e sondaggi geognostici
sovraccarichi esistenti sulle aree	verifica incidenza

Tab. 11 - Scheda preliminare di caratterizzazione.

<ul style="list-style-type: none"> <li>● clima:</li> <li>- verifica precipitazioni critiche con vari tempi di ritorno</li> <li>- portata dei bacini idrografici</li> <li>- calcolo del tempo di corrivazione, ecc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● geologia</li> <li>● morfologia</li> <li>● acclività:</li> <li>- verifica topografica e cartografica</li> <li>- rilievi di superficie di dettaglio</li> </ul>	litotipi incoerenti	ghiaia, sabbia e loro combinazioni, materiali detritici	permeabilità	erodibilità	stabilità legata all'acclività	angolo d'attrito, peso di volume, indice dei vuoti, ecc.
		litotipi coerenti impermeabili	limi, argille, marne e loro combinazioni	scarsa permeabilità, impermeabilità	erodibilità	possibile instabilità, anche a basse pendenze	angolo d'attrito, coesione, peso di volume, indice dei vuoti, contenuto d'acqua

Gli interventi di I.N. possono essere di due tipi:

- **preventivi:** che permettono di ridurre la potenzialità da cui si crea un dissesto idrogeologico partendo dall'inserimento di vegetazione protettiva, riduzione dell'erosione superficiale estesa e/o concentrata e consolidante; realizzazione di regimazioni idrauliche superficiali ed eventuali drenaggi;
- **di ricomposizione e di recupero:** quando l'instabilità è in atto, con drenaggi per eliminare acque di infiltrazione e/o di circolazione interna; realizzando una corretta regimazione superficiale; progettando opere di consolidamento progressivo con interventi mirati di I.N. e/o misti; rimodellando la morfologia superficiale per ricomporre il versante e ridurre od eliminare ulteriori infiltrazioni; ripristinando la vegetazione e/o potenziando quella esistente, sia erbacea sia arbustiva e arborea.

### 8.3 Campi d'applicazione dell'Ingegneria Naturalistica

L'I.N. prevede l'utilizzo, come materiali da costruzione, di specie vegetali vive, più idonee e/o presenti nel territorio e preferibilmente reperibili in loco. Tali specie vengono utilizzate per sfruttare la loro capacità di mitigare e contenere l'erosione superficiale, di stabilizzare i dissesti più modesti ma soprattutto di proteggere l'area dagli agenti esogeni in generale ed in particolare dagli effetti delle precipitazioni meteoriche.

L'attività dell'I.N. si limita ad interventi prevalentemente superficiali e/o poco profondi, in quanto l'entità delle forze in gioco deve essere assorbita dalla resistenza delle radici e dalla combinazione tra essenze vive e altri materiali.

Situazioni di instabilità che coinvolgono masse di una certa entità e profondità, vanno trattate con l'impiego di metodologie proprie delle sistemazioni idraulico-forestali, che a loro volta utilizzano o possono utilizzare combinazioni tra interventi di ingegneria civile e I.N.

In sostanza, se per gli interventi meno impegnativi le piante impiegate garantiscono l'efficacia dell'opera, negli interventi più importanti, agli organismi viventi si debbono associare elementi inerti con i quali si costituisce la struttura stabilizzante.

Nel contesto collinare di versanti dolci è sicuramente utilizzabile l'I.N. nelle sue diverse forme per gli interventi di superficie, legata alla stabilizzazione delle coltri ed alla riduzione dell'erosione.

Orientativamente, per profondità comprese tra 0 e 2 metri, sono ancora valide le metodologie di stabilizzazione, con combinazione tra materiali viventi e non.

Superando questa profondità, e con dissesti che mobilitano masse notevoli, si deve passare ad interventi di ingegneria civile che tuttavia possono essere associati all'I.N. Anzi si auspica che sia associata ad interventi di minore impatto per le situazioni più adatte a tali metodologie.

L'I.N. può essere considerata come una tecnica di prevenzione dei dissesti idrogeologici in quanto il territorio marchigiano, per la sua conformazione morfologica e geolitologica vede un'ampia diffusione di situazioni al limite del collasso, o in fase evolutiva.

Per questo motivo è importante intervenire in queste situazioni con la regimazione superficiale e l'installazione di impianti vegetazionali protettivi, in grado di eliminare futuri inneschi destabilizzanti e ridurre anche l'entità delle opere, sia sotto l'aspetto dell'impatto ambientale che di quello economico.

Lo studio di dettaglio della tipologia di dissesto e dei meccanismi cinematici va accompagnato ad un'analisi sulle interazioni e gli effetti della vegetazione che si intende utilizzare nella progettazione degli interventi di sistemazione.

A questo proposito si riporta la tabella seguente che correla i principali tipi di frane e dissesti alle varie possibilità di intervento con tecniche tradizionali e di I.N.

Tab. 12 - Correlazione fra dissesti e possibilità di interventi (da Regione Piemonte, 2003).

<b>Meccanismo di dissesto</b>	<b>Interventi di sistemazione con tecniche tradizionali</b>	<b>Sistemazioni con tecniche di I.N.</b>	<b>Altri interventi</b>
Crolli	Chiodature, tiranti, posa di barriere paramassi, gallerie artificiali paramassi	Reti metalliche con geosintetici antierosivi e rivegetazione, rilevati paramassi in terra rinforzata	Disgaggi, riprofilatura pendii
Toppiling (ribaltamenti)	Chiodature, tiranti, muri di sostegno	Sistemazione e rivegetazione del solo accumulo di frana	Riprofilature in roccia
Scivolamenti planari		Sistemi drenanti con tecniche naturalistiche	Trincee drenanti profonde, monitoraggio inclinometrico e piezometrico
Scivolamenti rotazionali	Muri di contenimento anche intirantati, consolidamenti mediante micropali	Palificate vive di sostegno, scogliere di contenimento rivegetate, posa di antierosivi, ricostruzione di pendii in terra rinforzata, rivegetazione della superficie sistemata	Rimodellamento dei versanti con riduzione di pendenza
Colate	Muri di contenimento	Palificate semplici, viminate, graticciate, cespugliamenti consolidanti, inerbimento	
Soil slips		Geosintetici e fibre naturali con funzione antierosiva, palificate semplici, graticciate, viminate, cespugliamenti consolidanti, inerbimento	
Movimenti di massa	Briglie in cemento armato, briglie filtranti	Briglie in legname e pietrame	Casse di laminazione e aree di vaso rinaturalizzate, barriere anti-debris in funi metalliche
Erosioni in scarpate	Muri di contenimento	Grate vive, sistemi di palificate vive di sostegno a doppia e singola parete	Pannelli in rete armata a contatto + antierosivi e rivegetazione
Erosioni di sponda	Muri spondali, difese in massi cementati, gabbionate	Difese in massi rivegetate, scogliere in massi vincolati, coperture diffuse, rivegetazioni spondali, palificate vive di sostegno spondali	Ricalibratura degli alvei, allargamento della sezione di deflusso e opere di protezione spondale, rinaturalizzazione e inserimento paesaggistico

La valutazione della necessità di intervento e il dimensionamento delle opere con cui si vuole intervenire sono legati soprattutto ad un'analisi del rischio idrogeologico che prende in considerazione la presenza di infrastrutture, centri abitati, persone coinvolte, analizzando la vulnerabilità del sito, la possibilità del ripetersi degli eventi, in relazione all'analisi meteorologica con individuazione degli eventi critici e della loro periodicità, al fine di valutare e considerare la durata stessa delle opere di I.N.

Di seguito si presenta una tabella sui limiti all'applicazione delle tecniche di I.N.

Tab. 13 - Limiti di applicazione dell'I.N.

	I.N.		sistemazioni idraulico-forestali	sistemazioni idraulico-forestali e ingegneria civile	ingegneria civile eventualmente coadiuvata da I.N.
sistemazione di aree in frana	situazioni di dissesto latente e dissesto della coltre superficiale con spessore 0÷20 cm	dissesti idrogeologici di modesta entità con spessore ≤2 m	dissesti che coinvolgono masse di una certa entità, con profondità ≤4÷5 m	dissesti idrologici estesi	dissesti idrologici estesi
materiali	utilizzo delle specie vegetali (a volte con materiali morti)	utilizzo di specie vegetali unitamente a materiali inerti		utilizzo di materiali inerti con uso di piante	utilizzo dei materiali biologici come mitigazione delle opere in cls

#### 8.4 Approccio geotecnico

Un aspetto importante per la corretta definizione degli interventi è legato alle conoscenze geomeccaniche dei terreni ed alle modalità di verifica e calcolo della geotecnica applicata all'I.N.

Quindi vanno considerati tutti gli elementi geometrici ed i parametri fisico-meccanici che caratterizzano i litotipi coinvolti nel fenomeno di instabilità e di quelli adiacenti e/o sottostanti, nei quali si dovranno ammorsare le opere.

Questi elementi e parametri si acquisiranno mediante rilievi geomorfologici, indagini in sito e di laboratorio, ecc. che saranno alla base dello studio per il progetto di sistemazione e/o consolidamento.

Le risultanze delle verifiche globali porteranno alla determinazione dei corretti interventi, sia per ciò che riguarda la tipologia che il dimensionamento delle opere di contenimento e consolidamento.

Anche nel caso del consolidamento dei versanti franosi e delle scarpate naturali, l'ingegneria naturalistica offre una serie di strumenti tecnici adatti per una risoluzione duratura ed efficace dei problemi. Tali tecniche possono essere utilizzate con successo per la sistemazione di alcuni tipi di fenomeni franosi ed erosivi, come le frane superficiali, le aree in erosione accelerata e regressiva, le zone soggette a decorticamento. Estese applicazioni sono possibili anche nella realizzazione di drenaggi, nella raccolta e convogliamento di acque meteoriche, nel consolidamento di masse di terreno franate e nella copertura di superfici denudate.

Gli interventi di I.N. sono particolarmente utili in presenza di dissesti diffusi, per la loro prevenzione mediante manutenzione e sistemazione estensiva del territorio.

Si rammenta che l'ingegneria naturalistica mira a ristabilire gli equilibri attraverso una pluralità di fattori, in contrasto con tecniche che tendono ad una eccessiva semplificazione. Pur garantendo ad esempio, l'allontanamento dell'acqua in eccesso, essa consente la ritenzione della quantità di

acqua necessaria al ripristino della vegetazione arbustiva ed arborea e al conseguente ristabilimento degli equilibri ecologici.

Per le sistemazioni di versanti in cui si rendono necessarie tecniche di maggiore impatto, l'ingegneria naturalistica svolge l'importante funzione di mitigazione e di inserimento paesaggistico dell'opera.

Per quanto riguarda le opere di sostegno (palificate, gabbionate, palizzate, muri cellulari, ecc.), ai sensi della normativa vigente, queste devono essere preventivamente calcolate e verificate tramite i normali metodi ingegneristici applicati per i muri di sostegno. Ciò permette quindi di effettuare una verifica di stabilità relativa al rimodellamento morfologico ottenuto, al quale va aggiunto l'effetto positivo di drenaggio e consolidamento generato dalla vegetazione utilizzata.



## 9. RECUPERO AMBIENTALE DI AREE DEGRADATE: IL CASO DELLE CAVE

Antonello Loiotile

Nel caso del recupero di aree degradate da attività antropiche (cave, discariche, cantieri) e/o soggette ad attività a forte impatto sul territorio, l'ingegneria naturalistica fornisce un supporto fondamentale alla definizione degli interventi per la ricostruzione degli ecosistemi locali con caratteristiche il più possibile affini a quelli precedenti al degrado delle aree stesse.

Fornisce inoltre gli strumenti tecnici per la limitazione del degrado in sede preventiva, ossia di progettazione degli interventi di trasformazione del territorio; l'analisi del paesaggio e degli ecosistemi circostanti, nelle componenti abiotiche e biotiche, fornirà elementi fondamentali di cui sarà necessario tenere conto nei piani di conduzione delle attività ed in quelli di recupero.

Nel caso delle cave, ad esempio, i piani di coltivazione dovranno essere compatibili sia con l'assetto del territorio circostante sia con la destinazione finale dell'area, garantendo l'effettiva realizzabilità del recupero ambientale attraverso la creazione delle condizioni sufficienti per l'insediamento delle componenti vegetali e faunistiche tipiche della zona.

Anche in questo caso, il criterio fondamentale per un corretto inserimento nel contesto territoriale è quello della massimizzazione della diversità degli ecosistemi, attraverso interventi sia morfologici che biologici.

La Regione Marche ha individuato, con il censimento del 1998, 166 cave attive e 1.128 cave dismesse, ed in seguito alle richieste presentate ai sensi dei recenti Piani Provinciali delle Attività Estrattive è in fase di autorizzazione lo sfruttamento di diverse altre decine di siti di cava.

Questi numeri sono sufficienti a far comprendere l'importanza di una corretta pianificazione territoriale e della corretta applicazione in fase progettuale ed esecutiva di quanto prevede la normativa.

La normativa di riferimento sulle cave (L.R. 1 dicembre 1997, n. 71 – “Norme per la disciplina delle attività estrattive” e sue modifiche, Piano Regionale Attività Estrattive, Piani Provinciali Attività Estrattive) prevede la ricomposizione ambientale e/o il recupero ambientale contestuale allo sfruttamento, alla fine dello stesso o per riqualificare le cave dismesse:

- ∞ la ricomposizione ambientale consiste nella restituzione della destinazione esistente prima dell'attività estrattiva;
- ∞ il recupero ambientale consiste in una destinazione d'uso finale diversa da quella antecedente l'attività estrattiva che possa vantaggiosamente reinserire il sito nel sistema territoriale e nel contesto ambientale esistente.

La stessa normativa prevede, nella maggior parte dei casi, il ricorso a tecniche di ingegneria naturalistica a causa delle caratteristiche morfologiche, litologiche, idrogeologiche, idrologiche ed ambientali delle aree di intervento, che sono spesso fortemente limitanti per l'insediamento della vegetazione.

In dipendenza della geomorfologia dei luoghi, le tipologie di cava possono essere classificate secondo il seguente schema:

Cave di collina e di montagna, inserite in un contesto collinare-montuoso e caratterizzate da un'accentuata visibilità dal territorio circostante;

Cave di pianura, inserite in un contesto pianeggiante e difficilmente visibili dal territorio circostante.

Le metodologie generali per gli interventi di recupero ambientale da eseguire nelle cave vengono articolate in base alle differenti situazioni morfologiche, litologiche ed ambientali.

### 9.1 Cave di collina e di montagna

#### 9.1.1 Cave di calcare, gesso, arenaria e pietra da taglio

Nelle rocce compatte, quali il calcare massiccio, i processi di degradazione che portano alla formazione di un substrato permeabile, idoneo all'insediamento ed alla crescita delle specie

vegetali, sono molto lenti. Tali processi di degradazione sono più accentuati nelle rocce fratturate e stratificate e in presenza di strati argillosi.

Di seguito vengono prese in considerazione varie tipologie di recupero ambientale in rapporto alla situazione morfologica della cava ed alla possibilità di ampliamento ai fini del rimodellamento del profilo.

A) Cave a fronte unico di altezza inferiore a 15 m

Per mitigare l'impatto sul paesaggio, comunque limitato e non percepibile a media e grande distanza, vengono adottate le metodologie generali schematizzate nella figura 5.

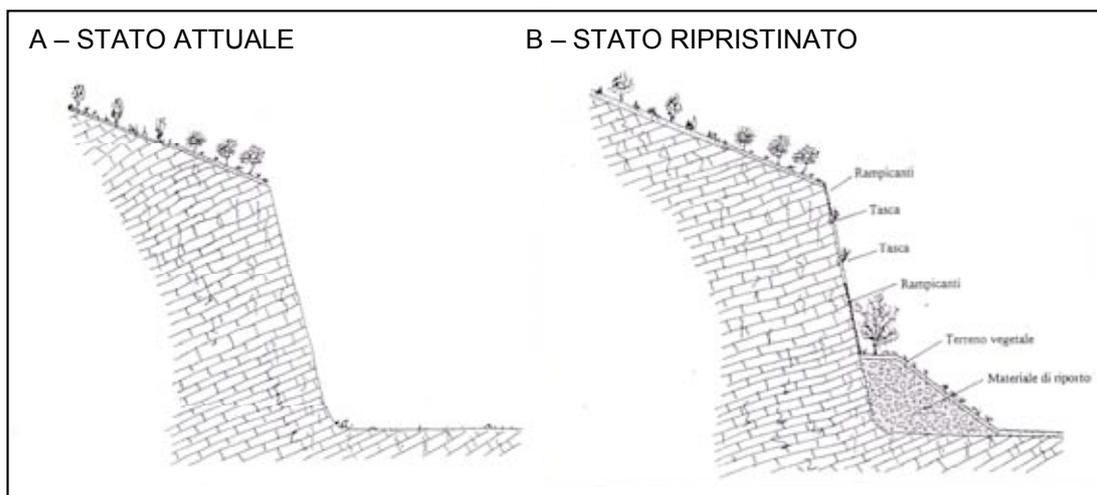


Fig. 5 – Cava a fronte unico di altezza inferiore a 15 m.

B) Cave a fronte unico, di altezza superiore a 15 m, con pendenza compresa tra 45° e 60° senza possibilità di ampliamento.

Ove non sia possibile l'arretramento verso monte può essere eseguito un intervento misto di scavo e riporto, con lo scopo di creare una copertura parziale a verde lasciando settori dove verranno formate pareti subverticali nude, del tutto simili a quelle dell'ambiente naturale circostante (fig. 6).

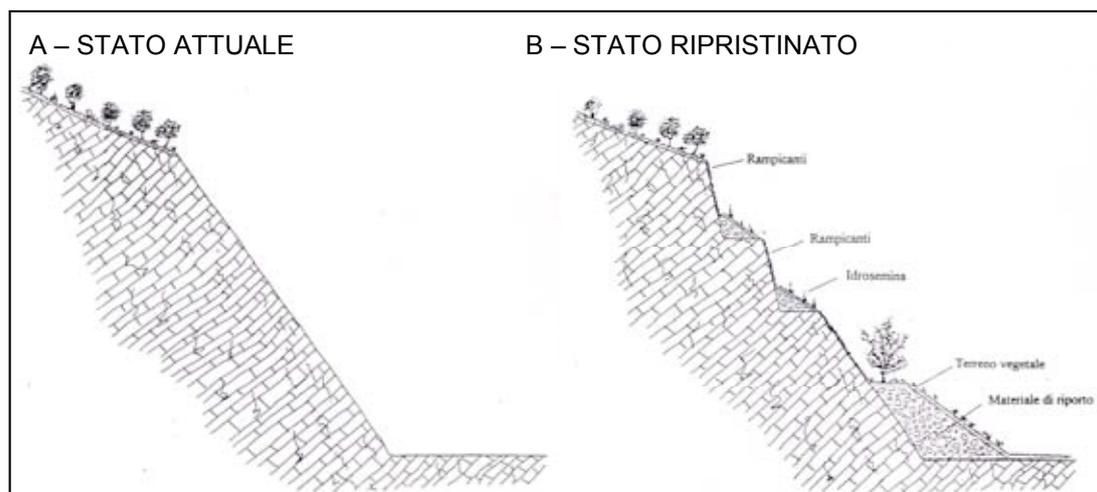


Fig. 6 – Cava a fronte unico, di altezza superiore a 15 m, con pendenza compresa tra 45 e 60°, senza possibilità di ampliamento.

C) Cave a fronte unico, di altezza superiore a 15 m, con pendenza inferiore a 45°, senza possibilità di ampliamento.

Può essere eseguito un intervento di totale mascheramento, come riportato nella figura 7.

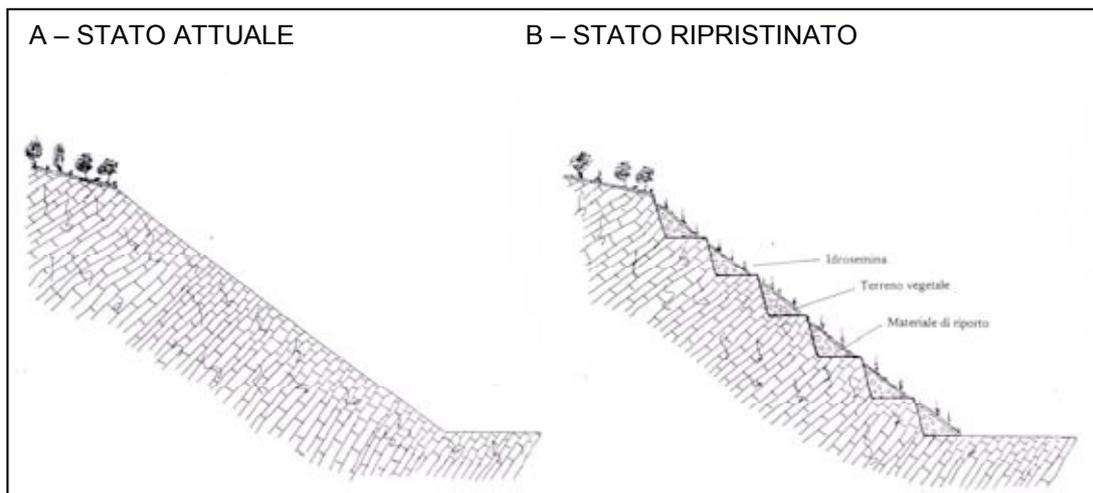


Fig. 7 – Cava a fronte unico, di altezza superiore a 15 m, con pendenza inferiore a 45°, senza possibilità di ampliamento.

D) Cave a fronte unico, di altezza superiore a 15 m, con pendenza superiore a 45°, con possibilità di ampliamento  
 Può essere eseguito un intervento di rimodellamento iniziando dalla sommità dello scavo, ottenendo un ricoprimento totale a verde come riportato nella figura 8.

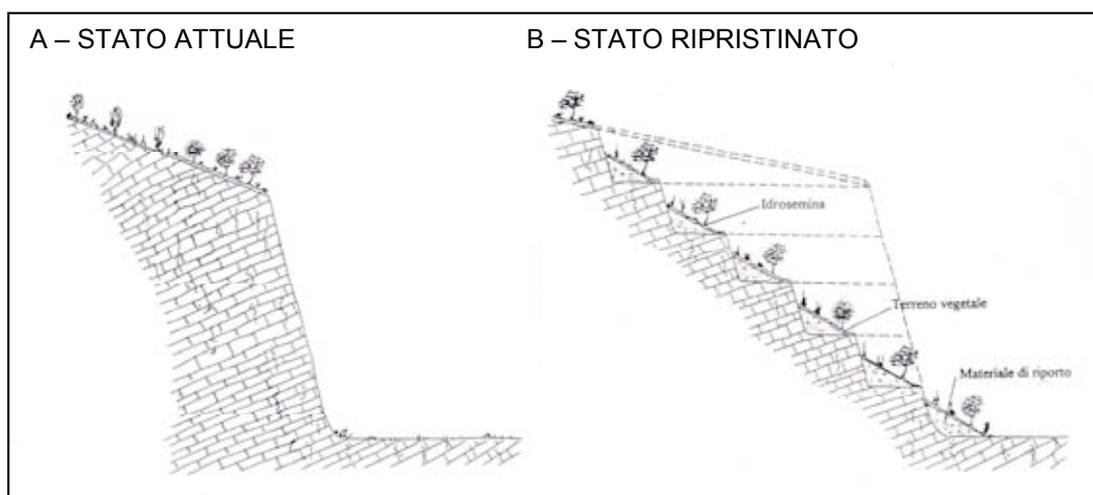


Fig. 8 – Cava a fronte unico, di altezza superiore a 15 m, con pendenza superiore a 45°, con possibilità di ampliamento.

E) Cave di pietra da taglio (calcare, arenaria).  
 Nel caso di cave di pietra da taglio, per la compattezza della roccia e per il metodo di coltivazione, si hanno pareti residue perfettamente verticali oppure lunghe pareti inclinate nel senso di stratificazione delle bancate.  
 Di norma queste cave possono essere totalmente recuperate all'uso forestale, tramite opere di rimodellamento e di rinverdimento già illustrate in figura 5.

### 9.1.2 Cave di argilla ed arenaria (tufo)

Le cave di argilla e di arenaria poco cementata sono caratterizzate da:

- instabilità dei fronti di cava, specialmente se sono state lasciate pendenze incompatibili con gli angoli di riposo dei materiali;
- facilità di erosione ad opera delle acque di ruscellamento superficiale;
- rapidità di degradazione per effetto delle escursioni termiche e dell'azione delle specie vegetali.

Per contro presentano i seguenti aspetti positivi:

- possibilità per gli apparati radicali delle specie vegetali di penetrare nel sottosuolo;
- relativa abbondanza di sostanze nutritive.

A) Cave di argilla con pendenza del fronte di scavo inferiore a 22°.

Non sono da prevedere fenomeni di instabilità nel tempo, purché venga regolarizzato il profilo di scavo e siano opportunamente regimate le acque.

È possibile una ricomposizione ambientale tendente a realizzare una destinazione finale del sito simile alla preesistente.

B) Cave di argilla con pendenza del fronte di scavo superiore a 22°.

Per garantire la stabilità ed il recupero ambientale del versante deve essere eseguito un intervento di rimodellamento a fronte unico, oppure per gradoni, a seconda dell'altezza totale della cava (fig. 9).

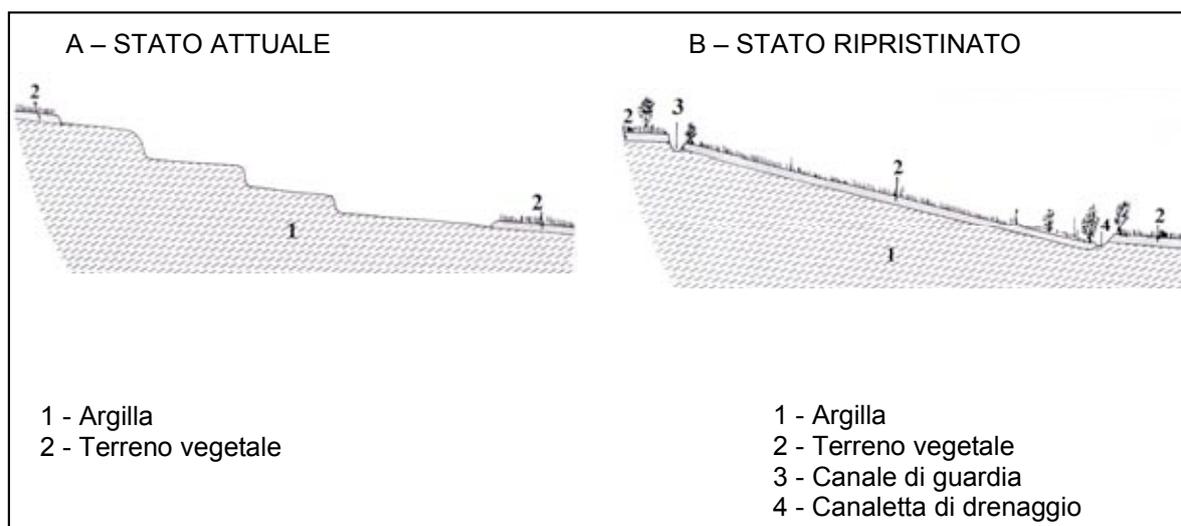


Fig. 9 – Cave di argilla con pendenza del fronte di scavo superiore a 22°.

### 9.1.3 Cave di detrito

In ambito regionale sono presenti numerose cave di detrito, in special modo in corrispondenza di conoidi naturali sottostanti le pareti calcaree nelle aree montane.

La pendenza naturale del detrito varia da 35° a 45°, a seconda del grado di cementazione, della pezzatura e della copertura vegetale.

Nella quasi totalità dei casi la pendenza dei fronti di scavo è troppo elevata, né possono essere fatti ampliamenti verso monte, ove si hanno pareti rocciose ripide. In queste cave sono necessari interventi di riporto al piede per ridurre la pendenza, almeno parzialmente, nella parte terminale del fronte di scavo. L'intervento tipo di recupero ambientale è schematizzato nella figura 10.

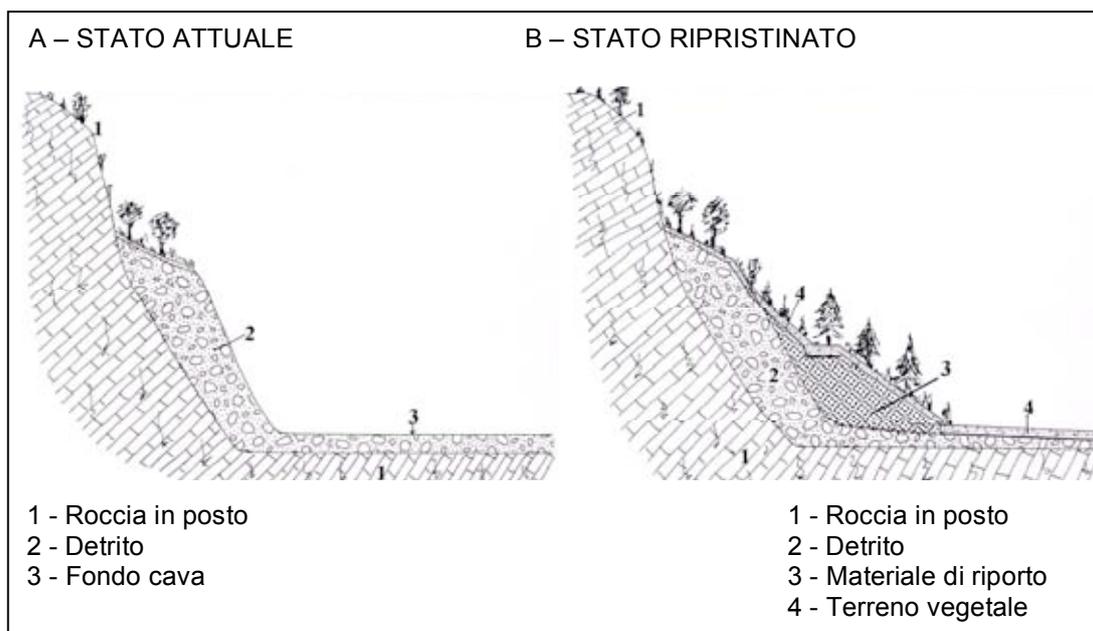


Fig. 10 – Recupero di cave di detrito.

## 9.2 Cave di pianura

### 9.2.1 Cave di sabbia e ghiaia nei terrazzi alluvionali rialzati

Il fondo della cava si può ripristinare all'uso agricolo a piano ribassato rispetto a quello originario. Tuttavia in alcuni casi i fronti di scavo vengono lasciati con pendenze eccessive rispetto all'angolo di riposo del materiale, che può variare tra i 35° ed i 45° a seconda della granulometria e del grado di cementazione.

Per un recupero ambientale definitivo sono state distinte le seguenti tipologie.

A) Cave di sabbia e ghiaia con pendenza del fronte di scavo superiore a 35°, senza possibilità di ampliamento.

Può essere eseguito un intervento di rimodellamento con riempimento al piede; nel caso il riempimento totale del fronte della cava risulti molto oneroso e di difficile realizzazione, si potrà intervenire con interventi di ingegneria naturalistica realizzando pendenze non superiori a 45° (fig. 11).

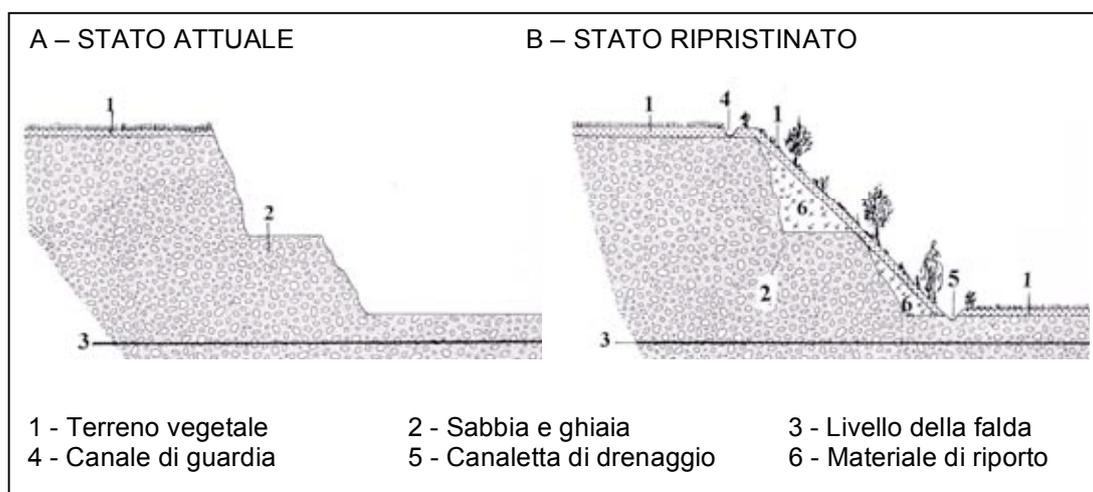


Fig. 11 – Cava di sabbia e ghiaia con pendenza del fronte di scavo superiore a 35°, senza possibilità di ampliamento.

B) Cave di sabbia e ghiaia con pendenza del fronte di scavo superiore a 35°, con possibilità di ampliamento.

Può essere eseguito un intervento di rimodellamento tramite scavo e riporto del materiale scavato fino a realizzare una pendenza delle sponde inferiore a 22-25°, che consenta il ripristino delle colture agricole.

### 9.2.2 Cave di sabbia e ghiaia nelle alluvioni di fondovalle

Si tratta di fosse completamente chiuse, ribassate rispetto al piano di campagna circostante per le quali si distinguono le tipologie di recupero ambientale riportate di seguito.

A) Cave di sabbia e ghiaia coltivate a fossa, generalmente asciutte, con recupero al piano di campagna originario.

Nel caso di cave di piccole dimensioni, o comunque quando siano disponibili idonei materiali per il riempimento totale della fossa il recupero può essere effettuato al piano di campagna originario ripristinando la destinazione d'uso esistente prima dell'attività estrattiva.

B) Cave di sabbia e ghiaia coltivate a piano ribassato.

Quando il fondo cava si trova al di sopra del massimo livello stagionale della falda idrica, l'allagamento della fossa può verificarsi solo parzialmente ed a seguito di piogge intense.

E' quindi possibile il recupero della fossa ad una quota ribassata rispetto al piano di campagna originario, prestando molta attenzione alla realizzazione di canalette di guardia sul ciglio superiore dello scavo (al fine di evitare l'ingresso nella fossa di acque di ruscellamento) e al drenaggio del fondo della fossa.

Il fondo della cava può essere ripristinato a colture agricole mentre sulle scarpate può essere eseguito un intervento di rimodellamento tramite scavo o riporto fino a realizzare una pendenza che consenta il ripristino delle colture agricole o la semina di specie erbacee e la piantumazione con alberi e arbusti.

L'intervento tipo di recupero ambientale è simile a quello schematizzato nella figura 6.

C) Cave di sabbia e ghiaia coltivate a fossa in falda idrica.

Quando la falda idrica è stata messa a giorno si ha la definitiva perdita dell'uso agricolo del terreno ma la cava può essere destinata ad interessanti usi.

Essendo prevista la fruizione pubblica degli specchi d'acqua è molto importante la messa in sicurezza degli stessi: le scarpate sommerse, per la sicurezza degli utenti in caso di caduta accidentale in acqua, devono avere nei primi metri dalla riva una pendenza inferiore a 10°; in alternativa è possibile impedire l'avvicinamento alle sponde mediante le realizzazioni di staccionate e/o siepi.

C1) Cave con recupero a itticoltura e/o pesca sportiva o uso ricreativo

L'intervento tipo di recupero ambientale è schematizzato nella figura 12.

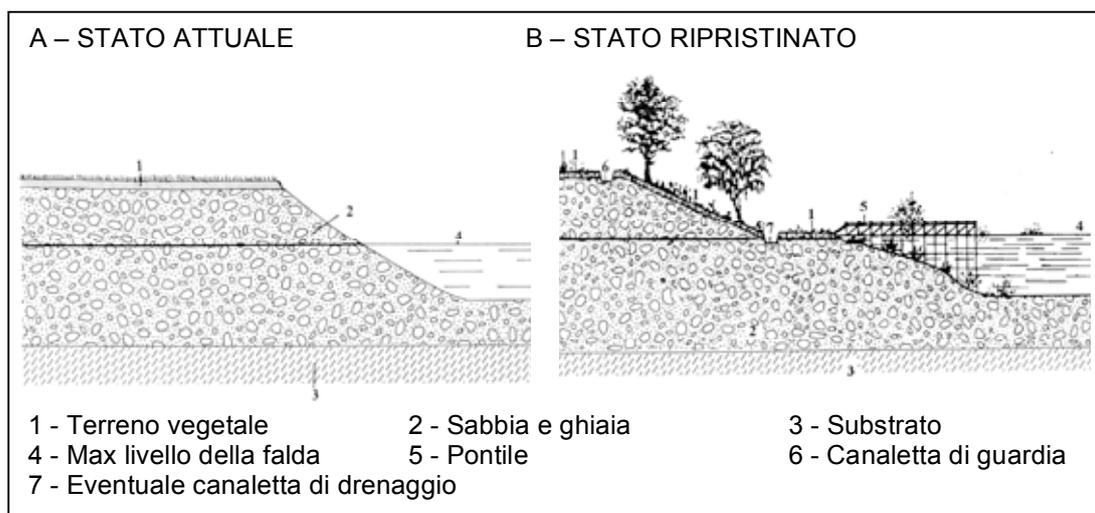


Fig. 12 - Cava con recupero a itticoltura e/o pesca sportiva o uso ricreativo.

### C2) Cave con recupero all'uso naturalistico.

In questi casi la rinaturalizzazione può consentire di raggiungere un risultato ambientale migliore della situazione ante-escavazione; difatti al terreno agricolo presente prima dello sfruttamento si sostituisce un'area che, se ben progettata, può essere molto interessante sotto il profilo naturalistico. Questo tipo di utilizzo è possibile già con superfici superiori a 1 ha.

Qualora la dimensione della cava lo consenta, va prevista un'elevata diversità morfologica:

- ∞ aree con acqua a profondità variabile da qualche cm a oltre 2 m;
- ∞ margini sinuosi ed irregolari;
- ∞ isolotti;
- ∞ spiagge;
- ∞ pareti strapiombanti;

e un'elevata diversità vegetazionale:

- ∞ praterie semisommerse;
- ∞ canneti;
- ∞ bosco ripariale.

In tal modo si ricreano differenti habitat che garantiscono la presenza contemporanea di numerose specie vegetali ed animali.

L'intervento tipo di recupero ambientale è schematizzato nella figura 13.

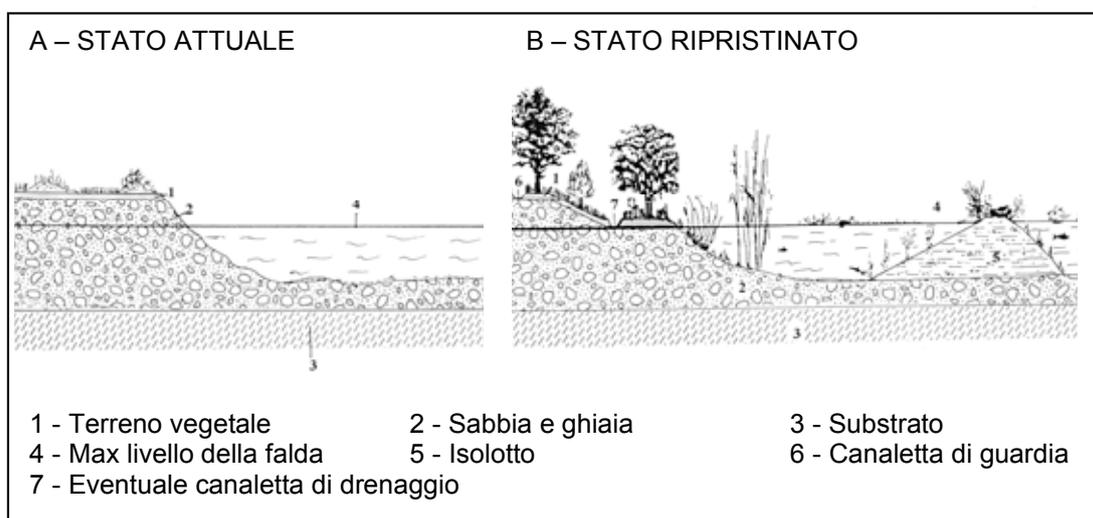


Fig. 13 - Cava con recupero all'uso naturalistico.

### 9.3 Scavo, conservazione e riporto del terreno vegetale

Al fine del recupero a verde della cava è importante preservare il materiale terroso rimosso prima dell'estrazione del materiale commerciale, eventualmente integrato da approvvigionamenti esterni qualora non dovesse essere sufficiente per la ricomposizione ed il recupero ambientale.

Il terreno vegetale deve essere opportunamente stoccato in cumuli di altezza preferibilmente non superiore a 2 m e protetti con semine di specie erbacee al fine di limitare la degradazione ad opera degli agenti atmosferici (piogge, insolazione, vento).

Lo spessore e le caratteristiche del terreno vegetale da utilizzare per la ricomposizione ed il recupero ambientale dipendono dalla destinazione d'uso secondo quanto riportato nella tabella successiva.

Tab. 14 – Caratteristiche del terreno vegetale da utilizzare nel recupero ambientale.

	<b>spessore</b>	<b>granulometria</b>	<b>scheletro</b>
<b>Terreno sub-pianeggiante, destinato a coltivazioni agricole</b>	non inferiore a 80 cm al fine di non porre limitazioni d'uso	fine ed omogenea, eliminando sassi e ciottoli superiori a 2 cm di diametro	Inferiore al 30%
<b>Terreno sub-pianeggiante, destinato a prato alberato e/o bosco</b>	non inferiore a 50 cm	fine, eliminando sassi e ciottoli superiori a 2 cm di diametro	inferiore al 30%
<b>Terreno con pendenza inferiore a 30°, da recuperare a prato alberato o a legnose agrarie</b>	non inferiore a 30 cm	fine, eliminando ciottoli superiori a 2 cm di diametro	inferiore al 50%
<b>terreno con pendenza superiore a 30° da recuperare a bosco</b>	non inferiore a 20 cm	media, eliminando ciottoli superiori a 10 cm di diametro	inferiore al 70%

Il contenuto in sostanza organica ed elementi nutritivi, che devono essere in rapporto al tipo di coltivazione prevista, possono essere opportunamente corretti ricorrendo a fertilizzazioni organiche con letame o compost e fertilizzazioni minerali.

In caso di calpestamento, inevitabile durante la fase di posa in opera del terreno, la struttura del terreno può essere ricostituita mediante opportune lavorazioni da eseguire immediatamente dopo la posa.

#### 9.4 Opere di drenaggio

Durante e a seguito della messa in opera del terreno vegetale si dovranno eseguire le opere necessarie alla raccolta e allo smaltimento delle acque piovane e di ruscellamento superficiale. Queste opere sono indispensabili per evitare il dilavamento incontrollato del terreno di riporto, con la conseguente compromissione della stabilità e la perdita delle sostanze nutritive.

Si dovranno costruire:

- canali di guardia immediatamente al di sopra del limite superiore dello scavo, per evitare il ruscellamento incontrollato delle acque piovane sulle scarpate; i canali di guardia verranno scavati prima di dare inizio ai lavori di rimodellamento;
- canalette di drenaggio al piede delle scarpate nei singoli gradoni e sul fondo cava;
- canali di smaltimento a valle della cava.

Inoltre, prima della posa del terreno vegetale, il fondo della cava o dei singoli gradoni dovrà essere livellato in maniera da orientare il drenaggio delle acque piovane nella direzione di deflusso, evitando la formazione di buche e contropendenze con ristagno di acqua.

#### 9.5 Scelta delle specie vegetali

La scelta delle specie vegetali da utilizzare, al fine di evitare insuccessi, deve essere effettuata tenendo conto delle indicazioni riportate nei capitoli 5 e 6 delle presenti Linee Guida.

Si può prevedere una successiva graduale sostituzione, naturale o artificiale, delle specie pioniere introdotte con specie di associazioni vegetali più evolute nell'ambito della stessa serie di vegetazione.

## 10. LE INFRASTRUTTURE E GLI ECOSISTEMI-FILTRO

*Michela Baiocco*

Per la progettazione di infrastrutture, verificato che l'intervento sia possibilmente localizzato in siti dove i margini di ricettività ambientale consentano la realizzazione dell'opera, si adotteranno le tecniche in grado, a parità di altre condizioni, di minimizzare gli impatti ambientali.

Poiché la componente morfologica relativa all'inserimento dell'opera nel paesaggio presenta la massima importanza, gli interventi di I.N. raggiungeranno la maggiore efficacia quando saranno programmati direttamente nella fase progettuale, a partire dallo studio di fattibilità fino alla progettazione esecutiva dell'infrastruttura.

Dovranno inoltre essere prese in considerazione, ove possibile, azioni di riequilibrio condotte contestualmente all'intervento, volte ad abbassare i livelli di criticità indotti dallo stesso ed a fornire quindi maggiori margini di ricettività ambientale, quali ad esempio la creazione di nuove unità ecosistemiche in grado di aumentare l'equipaggiamento naturale del territorio.

La costituzione, in particolare, di ecosistemi-filtro consente da un lato di mitigare l'impatto e dall'altro di compensare la perdita di valori ambientali del territorio a causa della realizzazione dell'infrastruttura.

Per ecosistema-filtro si intende un'unità ecosistemica in grado di assorbire gli elementi inquinanti, quali polveri, aerosol, gas, liquidi e rumori, nonché di trattenere, modificare o rallentare il loro flusso verso l'ambiente o gli insediamenti antropici.

Tab. 15 - Interventi di miglioramento ambientale e neo-ecosistemi utilizzati per le reti ecologiche. Legenda: m (metro), hm (ettometro), ha (ettaro), n. (numero) (da Malcevski e Levi, 1999).

Tipologia di intervento	Unità di misura
Interventi spondali di ingegneria naturalistica	hm
Rinaturazioni polivalenti in fasce di pertinenza fluviale	ha
Bacini di laminazione	ha
Sponde di rogge e canali	hm
Passaggi e rampe per l'ittiofauna	n.
Siepi in aree agricole	hm
Filari stradali extraurbani	hm
Fasce arboree stradali	ha
Rinaturazioni in aree urbane	ha
Nuovi nuclei boscati extraurbani	ha
Nuove aree di interesse naturalistico	ha
Riqualficazione di aree naturali esistenti	ha
Sponde di cava in falda	hm
Cave sul terrazzo	ha
Consolidamento di versante con tecniche di IN	ha
Ecosistemi-filtro palustri	ha
Fasce tampone residenziale/agricolo	hm
Fasce tampone per sorgenti di impatto	hm
Dossi antirumore, barriere fonoassorbenti	hm
Ponti biologici su infrastrutture	m
Sottopassi faunistici in infrastrutture	m
Oasi di frangia periurbana	ha
Prati urbani	ha
Parchi urbani	ha
Viali urbani	hm
Fasce di preverdissement	hm
Verde privato extraurbano	ha
Verde privato urbano naturalizzato	ha

Gli interventi di rinaturalizzazione o rivegetazione delle infrastrutture lineari hanno le seguenti funzioni:

- statica e antierosiva (terre rinforzate, inerbimento e reti protettive);
- mitigazione degli impatti:
  - antirumore: barriere fonoassorbenti;
  - naturalistica di potenziamento o creazione di habitat;
  - paesaggistica: creazione di filtri visivi.

Nell'ambito delle opere di mitigazione vengono ricomprese anche vasche di sicurezza e sistemi di captazione degli inquinanti di piattaforma e degli sversamenti accidentali, sovrappassi e sottopassi faunistici, ecc., privilegiando le soluzioni biotecniche a quelle puramente tecnologiche.

In generale per tutti gli interventi di rinaturalizzazione deve essere usato materiale vegetale, sia esso arboreo che arbustivo che erbaceo, esclusivamente appartenente agli ecotipi locali della zona di intervento.

A monte della scelta delle specie c'è sempre uno studio preliminare che mediante rilievi fitosociologici individua le dinamiche geobotaniche in atto. Vale comunque il principio della non interferenza della vegetazione piantata o degli habitat realizzati, con le funzioni della infrastruttura di progetto (invasione della carreggiata delle fronde degli alberi, richiamo di avifauna per l'uso di specie fruttifere e interferenza con il traffico, ecc.).

Anche se l'infrastruttura attraversa aree prive di valori naturalistici, ad esempio zone di pianura a vaste superfici ad agricoltura intensiva, va comunque considerata l'opportunità di una riqualificazione del paesaggio attraversato.

Per la ricostituzione degli habitat e per la scelta delle specie vegetali si fa riferimento ai capitoli 5 e 6 delle presenti Linee Guida. Per la realizzazione di opere viarie di grandi dimensioni bisogna considerare la disponibilità di mercato e la possibilità di realizzare vivai temporanei nel sito di intervento.

Inoltre nell'ottobre 2009 si è svolto a Roma il convegno "Ambiente Paesaggio e Infrastrutture" organizzato da ISPRA – CATAP, le cui relazioni specialistiche sono scaricabili dal sito <http://www.catap.eu/>

## 10.1 Rinaturalizzazione di scarpate stradali e ferroviarie

Le principali interferenze naturalistiche indotte dalla realizzazione di infrastrutture viarie (strade, ferrovie) di sono legate a:

- interruzione completa della continuità di habitat, reti ecologiche, ecosistemi in genere; gli habitat che esistevano prima della realizzazione dell'opera vengono distrutti completamente o frammentati in parcelle di minori dimensioni e maggiormente isolate tra di loro.
- interruzione parziale della continuità di habitat, reti ecologiche, ecosistemi in genere; si produce anche un "effetto barriera" nei confronti degli spostamenti della fauna terrestre;
- realizzazione di vaste superfici denudate di neoformazione collegate con l'infrastruttura:
  1. direttamente quali: scarpate in trincea, rilevati, aree di svincolo, imboccature di gallerie, ecc.;
  2. indirettamente quali: aree e piste di cantiere, cave di prestito, ecc.

L'intervento riguarda spesso la rivegetazione del rilevato stradale o della scarpata in trincea; l'attenzione va rivolta alla mitigazione dell'opera mediante mascheramento e creazione di filtri vegetati nonché alla protezione dall'erosione mediante l'adozione di tecniche di ingegneria naturalistica.

I rilevati dovrebbero avere delle pendenze finali non esasperate perché la vegetazione in situazioni di pendenza elevata non ha sufficiente disponibilità idrica per l'attecchimento.

Si riporta una tabella esplicativa sulle tipologie di intervento in relazione alla pendenza della scarpata (tab. 16).

Tab. 16 – Pendenze limite di diverse tipologie di interventi ed opere di Ingegneria Naturalistica applicabili alle scarpate stradali.

CLASSI DI PENDENZA	INCLINAZIONE VERSANTE	TIPOLOGIE DI INTERVENTO
1	0°-20°	- rinverdimento spontaneo - semine - idrosemine - messa a dimora di talee - piantagione di arbusti e alberi
2	da 20° a 37-40°	- biostuoie, biotessili o geostuoie con semina o idrosemina - idrosemina potenziata (idrosemina a spessore) - geocelle
3	da 37°-40° a 45°	- fascinate - graticciate – viminate - gradonate - cordonate - materassi
4	da 45° a 50°-55°	- grate vive - palificate semplici e doppie - gabbionate
5	da 50°-55° a 60°	- terre rinforzate
6	>60°	- biomuri (fig. 14) con necessità di irrigazione sotterranea - muro a secco e muro cellulare (alveolare) rinverditi

Gli interventi indicati hanno una funzione antiersiva, di rivestimento e di stabilizzazione per le classi di pendenza 1, 2 e 3 e hanno una vera e propria funzione di consolidamento (statica) per le classi di pendenza 4, 5 e 6 (limitatamente a quest'ultima per la sola tipologia muri).

Le opere di cui sopra fanno parte integrante e funzionale del progetto stradale e vanno progettate contestualmente ad esso e terminate entro la chiusura dei cantieri.

La progettazione deve essere affidata a un professionista esperto in progettazione di opere di mitigazione e di ingegneria naturalistica.

### 10.1.1 Scarpate in rilevato o a raso

Vanno previsti in generale per tutte le superfici a raso e per le scarpate in rilevato:

- il riporto di terreno vegetale;
- la formazione di cotici erbosi mediante semine (in genere idrosemina);
- la formazione di siepi tra le carreggiate;
- la messa a dimora di specie arbustive ed arboree con attenzione ai problemi di invasione della sagoma dei veicoli, mantenendo quindi una fascia di sgombro adeguata (da 2 a 4 m) a solo cotico erboso;
- la rivegetazione dei rilevati di ricomposizione morfologica (gallerie ad esempio).

### 10.1.2 Scarpate in trincea

Data la natura frequentemente litoide del substrato, normalmente non sono previsti interventi a verde su tali scarpate, creando problemi di reinserimento paesaggistico; qualora si presentino rischi di erosione e frane vanno eseguiti interventi antiersivi e stabilizzanti con tecniche di ingegneria naturalistica.

A tal fine le scarpate in trincea vanno progettate a seconda della litologia, non soltanto in funzione della stabilità geomeccanica, ma anche della possibilità di ripristino della copertura vegetale.

## 10.2 Opere di sostegno

Le tecniche di I.N. possono essere realizzate in sostituzione o in abbinamento con strutture murarie tradizionali.

Va precisato che gli interventi a verde delle opere di sostegno devono prevedere oltre alle semine anche la messa a dimora di talee legnose (salici, tamerici) e di arbusti autoctoni in zolla.

Gli interventi con talee sono facilitati se vengono eseguiti in corso di costruzione della struttura (consentendo l'inserimento di astoni anche di 2-3 m) ma sono soggetti ai limiti stagionali (autunno-inverno) di messa a dimora delle talee. Con pendenze superiori ai 60° (in particolare nel caso delle terre armate e dei muri alveolari) l'apporto idrico naturale non è sufficiente a garantire l'inerbimento.

### 10.3 Realizzazione di fasce tampone o buffer strip al margine di infrastrutture lineari

Le fasce boscate tampone con spessore di almeno 10 m rappresentano un filtro per l'inquinamento atmosferico, luminoso, visuale e fonoassorbente.

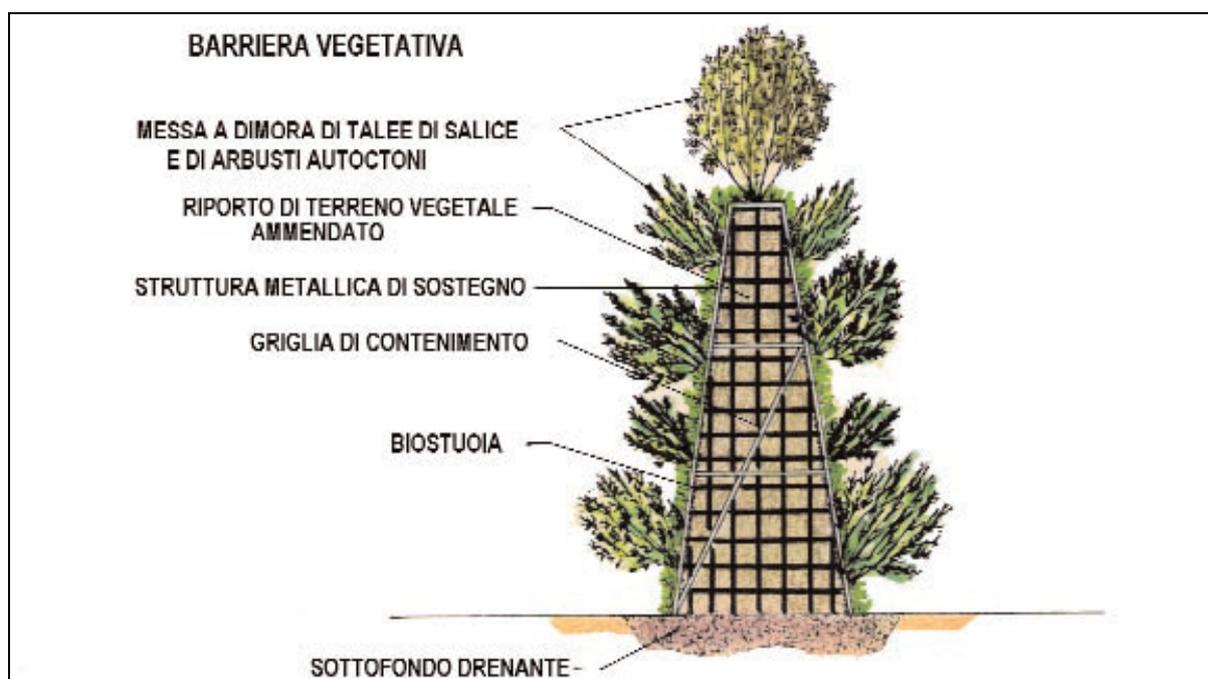
Gli interventi di rivegetazione nelle aree di pertinenza della strada, considerando la macroarea, assumono importanza per il miglioramento della rete di connessione ecologica e dei corridoi faunistici al fine di mantenere il tenore di biodiversità.

### 10.4 Barriere fonoassorbenti

In relazione alla disponibilità di spazio ai lati della struttura viaria si va da soluzioni puramente tecnologiche (pannelli fonoassorbenti) a soluzioni verdi quali biomuri con spessore di circa 3,5 m (Fig. 14), a terrapieni in terra rinforzata rinverdita con spessore di circa 6 m, fino ai terrapieni a pendenze naturali con disponibilità di spazio di almeno 15 m.

Le terre rinforzate e i biomuri necessitano di un apporto idrico per subirrigazione.

Fig. 14 – Barriera vegetativa antirumore (biomuro).



L'uso della vegetazione per funzioni antirumore e disinquinante richiede fasce boscate molto ampie, minimo 10 m, costituite da vegetazione arboreo-arbustiva molto fitta e realizzata con specie molto ramosi e con una componente di sempreverdi (resinose e latifoglie) di almeno il 30%.

I criteri progettuali degli schermi antirumore devono rispettare i seguenti punti fermi:

- il margine dello schermo deve essere a minor distanza possibile dalla fonte acustica (sede stradale);
- l'altezza minima dello schermo deve essere comunque superiore alla retta congiungente fonte sonora e ricevente;

- lo schermo deve essere continuo, senza aperture o fessure che permettano il passaggio di onde sonore;
- l'altezza dello schermo deve essere sempre uguale, poiché ad ogni cambiamento corrisponde una variazione del livello sonoro;
- la lunghezza dello schermo deve protrarsi oltre il punto in cui è situato il ricevente;
- lo schermo deve integrarsi dal punto di vista estetico e paesistico con l'ambiente circostante.

I requisiti fondamentali delle specie indicate per la formazione di schermi antirumore ed ecosistemi filtro con funzione disinquinante sono i seguenti:

- resistenza ai gas di scarico;
- resistenza alla salinità;
- resistenza alla siccità;
- capacità di formare una massa vegetale compatta (prevalentemente arbustiva);
- messa a dimora di piante con fogliame sempreverde e/o persistente almeno per il 30% della composizione specifica totale del verde;
- messa a dimora di specie vegetali con rugosità fogliare capace di trattenere maggiormente gli inquinanti.



## **11. MONITORAGGIO E MANUTENZIONE DELLE OPERE DI INGEGNERIA NATURALISTICA**

*Emanuele Dini*

### **11.1 Ciclo di vita di un'opera di ingegneria naturalistica**

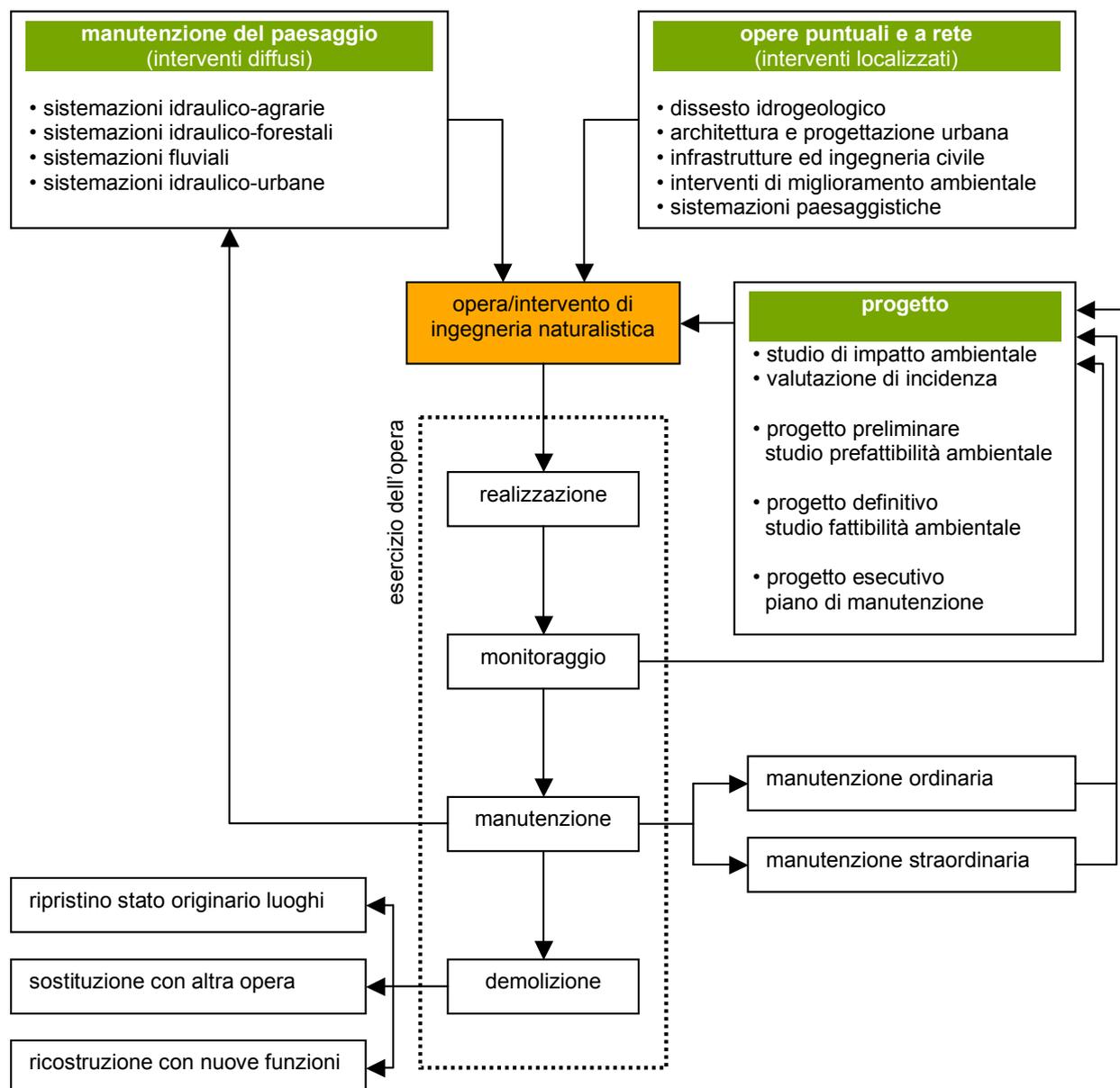
Le opere di ingegneria naturalistica, così come tutte le opere dell'ingegneria civile in generale, sono caratterizzate da un ciclo di vita di durata variabile in funzione di diversi parametri impostati in fase di progettazione e delle condizioni di esercizio.

L'attività di monitoraggio e quella di manutenzione (fig. 15) costituiscono due momenti importanti nell'esercizio dell'opera, ponendosi a cavallo tra la fase di realizzazione e di dismissione/demolizione delle opere.

Il monitoraggio consente di verificare, in ogni momento o a determinate scadenze temporali prefissate in fase progettuale, lo stato di conservazione, efficienza strutturale e di efficacia funzionale delle opere, predisponendo in caso di mancata verifica, gli opportuni provvedimenti; in realtà l'attività di monitoraggio interagisce con la manutenzione, ma anche e soprattutto con la progettazione consentendo la raccolta di dati importanti per la redazione dei progetti in una disciplina come quella dell'ingegneria naturalistica dove la conoscenza empirica è fondamentale quanto quella scientifica.

La manutenzione consente invece di riportare, attraverso particolari lavorazioni o interventi, lo stato di conservazione, efficienza strutturale e di efficacia funzionale delle opere allo stato originario di progetto o a livelli intermedi come eventualmente previsti in fase progettuale (tenendo conto dell'usura e del degrado fisico naturale). L'attività di manutenzione può essere programmata, ma necessita comunque sempre del monitoraggio per verificare la corrispondenza tra quanto programmato e quanto effettivamente richiesto dalle condizioni di esercizio delle opere.

Fig. 15 - Ciclo di vita delle opere di ingegneria naturalistica.



## 11.2 Attività di monitoraggio

L'attività di monitoraggio può essere definita come quell'attività che consente di verificare in ogni momento o a determinate scadenze temporali prefissate in fase progettuale lo stato di conservazione, di efficienza strutturale e di efficacia funzionale delle opere di ingegneria naturalistica, predisponendo in caso di mancata verifica gli opportuni provvedimenti.

Il monitoraggio si concretizza in una serie di sopralluoghi nell'area degli interventi e nelle aree limitrofe partendo dal presupposto che lo stato di conservazione e di efficienza delle opere sono interconnesse con una serie di fenomeni fisici, reazioni chimiche e processi biologici che interessano ambiti spaziali ben maggiori di quello dell'intervento stesso (versanti soprastanti le opere di stabilizzazione/consolidamento, tratti di corsi d'acqua a monte delle difese spondali, associazioni vegetali sovrapposte o giustapposte con quelle di nuovo impianto, attività antropiche limitrofe che condizionano gli equilibri naturali, ecosistemi contermini in fase di espansione, ecc.).

Di fatto il monitoraggio è un sistema di controllo dell'opera nel tempo durante il suo esercizio che si attua attraverso l'osservazione visiva, la misura di determinati parametri fisici e biologici, la verifica di determinati valori impostati a livello di progetto, rilievi topografici e fotografici, rilievi

fitosociologici. Le informazioni rilevate vengono raccolte in schede (schede di monitoraggio) che vengono utilizzate nell'attività di manutenzione e nella successiva progettazione di opere simili. Pertanto ogni progettista mette a punto una propria metodica di monitoraggio ed elabora schede di monitoraggio sulla base della propria esperienza.

Fig. 16 - Scheda-tipo per il monitoraggio.

Dati generali	
Rilevatori	
Località	
Tipologia di opera di IN	
Anno di intervento	

Dati stazionali	
Quota	
Inclinazione	
Esposizione	
Analisi vegetazionale dell'area limitrofa	

Dati del rilevamento			
Materiale vivo utilizzato: piante radicate			
Materiale vivo utilizzato: talee			
Grado di copertura delle specie attecchite (talee, arbusti)			
Grado di copertura generale			
Lunghezza e diametro dei getti delle specie rinvenute	specie	lunghezza	diametro
Giudizio sulle parti morte dell'opera			
Giudizio generale sull'opera			

Per esempio, in occasione del workshop teorico-pratico *Manutenzione degli interventi di ingegneria naturalistica* (Riserva Naturale Statale Gola del Furlo 23-24 aprile 2004) organizzato da AIPIN Sezione Marche e dalla Provincia di Pesaro e Urbino, è stata messa a punto una scheda-tipo di monitoraggio di alcune opere di ingegneria naturalistica realizzate nei cantieri didattici organizzati

dall'Università nel Bosco in collaborazione con la Provincia di Pesaro e Urbino negli anni precedenti. La scheda di monitoraggio (vedi fig. 16) si compone di tre sezioni (dati generali, dati stazionali e dati del rilevamento) dove vengono raccolte le informazioni principali dell'opera di ingegneria naturalistica; la struttura della scheda consente comunque di inserire ulteriori dati utili per la comprensione dello stato di efficienza e di efficacia dell'opera.

### 11.3 Attività di manutenzione

Nel linguaggio comune con il termine di manutenzione si indica l'insieme delle operazioni volte a mantenere in efficienza un manufatto, un impianto e più in generale un'opera costruita dall'uomo; ma di fatto tale termine può assumere diversi significati in funzione del settore tecnico considerato. Per meglio comprendere le specificità dell'attività di manutenzione delle opere di ingegneria naturalistica è interessante analizzare da un punto di vista temporale l'evoluzione del suo significato a partire dalla codificazione operata dall'Ente Nazionale Italiano di Unificazione e poi dai principali provvedimenti legislativi statali del settore.

#### 1991-1993 - Ente Nazionale Italiano di Unificazione (UNI)

L'Ente Nazionale Italiano di Unificazione (UNI) ha codificato le definizioni di "manutenzione", "ripristino", "riparazione" e "miglioramento". Il termine di manutenzione definisce "la combinazione di tutte le azioni tecniche ed amministrative, incluse le azioni di supervisione, volte a mantenere o a riportare un'entità in uno stato in cui possa eseguire le funzioni richieste" (UNI 9910, 10147).

L'attività di manutenzione comporta:

- il ripristino: recupero da parte dell'entità della propria attitudine ad eseguire una funzione richiesta (UNI 9910);
- la riparazione: intervento, rinnovo o sostituzione di uno o più componenti danneggiati mirato a riportare un'entità alle condizioni stabilite (UNI 10147);
- il miglioramento: insieme di azioni di miglioramento o di piccola modifica che non incrementano il valore patrimoniale dell'entità (UNI 10147).

Si veda anche l'Appendice A - Norme UNI manutenzione.

#### 1993 – DPR 14 aprile 1993

In attuazione della Legge per la difesa del suolo (L. 183/89), il DPR 14 aprile 1993<sup>1</sup> definisce le tipologie degli interventi di manutenzione idraulica e forestale da attuarsi all'interno dei Piani di Bacino, differenziandoli tra quelli che interessano corsi d'acqua non regimati e quelli regimati.

tipo di corso d'acqua	tipologie degli interventi manutentori
corsi d'acqua non regimati	a) rimozione dei rifiuti solidi e taglio di alberature in alveo
	b) rinaturazione delle sponde
	c) ripristino della sezione di deflusso
	d) sistemazione e protezione spondale
	e) interventi di riduzione dei detrattori ambientali
	f) ripristino della funzionalità dei tratti tombati
	g) ripristino della stabilità dei versanti
corsi d'acqua regimati	a) manutenzione delle arginature e loro accessori
	b) rimozione dei rifiuti solidi e taglio di alberature
	c) rimozione di materiale dalle banchine pavimentate
	d) taglio di vegetazione e rimozione di depositi alluvionali su banchine in terra

<sup>1</sup> Decreto del Presidente della Repubblica 14 aprile 1993, *Atto di indirizzo e coordinamento alle regioni recante criteri e modalità per la redazione dei programmi di manutenzione idraulica e forestale* (G.U. n° 91 del 20 aprile 1993).

	e) rinnovo di pavimentazioni di banchine
	f) rimozione di materiale vario dagli accessi e dalle discese pubbliche a fiume
	g) rimozione di tronchi d'albero dalle luci di deflusso dei ponti
	h) ripristino di protezioni spondali deteriorate o franate in alveo (gabbioni e scogliere)
	i) manutenzione di briglie e salti di fondo
	l) ripristino della stabilità dei versanti

### 1999 - Ministero dei Lavori Pubblici

La legislazione statale nel settore dei Lavori Pubblici definisce l'attività di manutenzione come "la combinazione di tutte le azioni tecniche, specialistiche ed amministrative, incluse le azioni di supervisione, volte a mantenere o a riportare un'opera o un impianto nella condizione di svolgere la funzione prevista dal provvedimento di approvazione del progetto" (art. 2, cm. 1, lett. I DPR 554/99).

### 1999 - Autorità di Bacino del Fiume Po

L'Autorità di Bacino del Fiume Po, all'interno del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)<sup>2</sup>, ha specificato la definizione di manutenzione, manutenzione ordinaria e straordinaria nonché le principali tipologie degli interventi di manutenzione in ambito fluviale e dei versanti:

<b>manutenzione</b>	l'insieme delle operazioni necessarie per mantenere in buono stato ed in efficienza idraulico-ambientale gli alvei fluviali, in buone condizioni di equilibrio i versanti e in efficienza le opere idrauliche e quelle di sistemazione idrogeologica
<b>manutenzione ordinaria</b>	le operazioni che vengono svolte periodicamente e ordinariamente al fine della conservazione e del mantenimento in efficienza delle opere
<b>manutenzione straordinaria</b>	il complesso di lavori di riparazione, ricostruzione e miglioramento delle opere

principali tipologie di interventi di manutenzione	
<b>interventi in ambito fluviale</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>rimozione di rifiuti solidi e taglio di vegetazione arbustiva ed arborea presenti nell'alveo, se costituenti ostacolo al deflusso regolare delle piene ricorrenti</li> <li>ripristino della sezione d'alveo con eliminazione dei materiali litoidi se ostacolanti o parzializzanti il regolare deflusso</li> <li>ripristino della sezione di deflusso in corrispondenza dei ponti, tramite: rimozione dei tronchi d'albero e di altro materiale che costituisca ostruzione, rimozione di depositi alluvionali che ostacolano il regolare deflusso, protezione delle fondazioni delle pile dai fenomeni di scalzamento</li> <li>rimozione dei depositi e di altri materiali che costituiscano ostruzione nelle opere minori di attraversamento stradale (ponticelli, tombini, sifoni) e nei tratti di alveo canalizzati in attraversamento dei centri urbani</li> <li>opere idrauliche a carattere locale e di modeste dimensioni</li> </ul>
<b>interventi sui versanti</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ripristino delle reti di scolo e di drenaggio superficiali</li> <li>rimodellamento e chiusura delle fessure di taglio</li> <li>disgaggi di massi</li> <li>ripristini localizzati di boschi, pascoli degradati, opere a verde</li> <li>opere di sostegno a carattere locale e di modeste dimensioni</li> </ul>

<sup>2</sup> Autorità di Bacino del Fiume Po, Deliberazione 11 maggio 1999 n° 1, *Adozione del Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico* (S.O. n° 142 alla G.U. n° 175 del 28 luglio 1999). In particolare all'interno delle Norme di Attuazione, l'articolo 14 descrive le finalità e le modalità operative degli Interventi di manutenzione idraulica e idrogeologica.

Come visto se nel settore produttivo (meccanico, manifatturiero, ecc.), le Norme UNI sulla manutenzione sono ormai uno standard di riferimento, non si può dire altrettanto nell'industria delle costruzioni, all'interno della quale si collocano le opere di ingegneria naturalistica. La complessità del settore, la moltitudine di operatori, la varietà dei luoghi, le numerose tipologie di opere rendono gli interventi di manutenzione diversificati per quantità e qualità.

Sulla base delle migliori esperienze europee e nazionali si deve pertanto ritenere che, nell'ambito dell'ingegneria naturalistica, il termine di manutenzione debba essere graduato in funzione del livello di scala geografica (regione, bacino, corso d'acqua, versante, ecc.) e di ecosistema (paranaturale o antropico).

Tab. 17 - Grado di manutenzione in funzione della scala geografica e del tipo di ecosistema.

scala geografica	ecosistema	
	ecosistema paranaturale	ecosistema antropico
manutenzione del paesaggio (sistema di bacini idrografici)		
manutenzione di un bacino idrografico (sistema di versanti, corsi e/o bacini d'acqua)		
manutenzione di versanti (sistema di piani inclinati dove la fase solida prevale su quella liquida)		
manutenzione di corsi e/o bacini d'acqua (sistema di compluvi dove la fase liquida prevale su quella solida)		
manutenzione delle opere di ingegneria naturalistica (sistema di componenti morte, componenti vive e luogo)		
manutenzione delle componenti morte		
manutenzione delle componenti vegetali		
manutenzione del luogo		

Ovviamente all'interno di ecosistemi naturali non si prevedono interventi di manutenzione in quanto non sono presenti opere artificiali e quindi i fenomeni fisici e i processi biologici sono in costante equilibrio.

Infine si deve ricordare come a volte, con il termine di manutenzione si intende anche una stessa opera di ingegneria naturalistica di limitata complessità strutturale ed esecutiva; per esempio interventi semplici, standardizzati (codificati non solo dai manuali di progettazione ma dalle maestranze locali che da tempo li realizzano come prassi costruttiva ordinaria), di rapida esecuzione ed interessanti aree di dimensioni limitate e circoscritte, con minime interazioni con opere antropiche. Tra gli interventi più frequenti: sistemazioni di scarpate di strade minori, piste di servizio, sentieri e percorsi escursionistici, sistemazioni di frane e smottamenti di versante, sistemazione idrauliche della rete idrografica minore, sistemazioni idraulico-agrarie dei terreni agricoli e forestali e più in generale interventi di manutenzione diffusa sul territorio.

#### 11.4 La manutenzione delle componenti vegetali

Nei primi anni dopo l'impianto, fino a quando la nuova copertura vegetale non ha iniziato a consolidare l'opera ed evolvere in modo spontaneo verso forme più complesse, bisogna effettuare una corretta manutenzione delle componenti vive delle opere di ingegneria naturalistica.

I capitolati di appalto, sulla base anche del piano di manutenzione delle opere che costituisce parte integrante del progetto esecutivo, devono pertanto prevedere che l'impresa esecutrice esegua la manutenzione durante il periodo di garanzia concordata. In alternativa, nel caso di lavori pubblici, le amministrazioni appaltanti possono assicurare, con proprio personale o mediante contratti con imprese del settore, la corretta manutenzione della vegetazione di nuovo impianto e di quella già esistente nel caso questa possa creare rischi per il buon funzionamento delle opere di ingegneria naturalistica.

Le principali operazioni da eseguire negli anni successivi all'impianto vegetale sono:

### **1. Concimazione**

La vegetazione di nuovo impianto è costretta a svilupparsi nella generalità dei casi su sottili substrati "artificiali" costituiti da terreno di varia provenienza; la concimazione (con concimi organici o ammendanti di origine organica) ha lo scopo di arricchire il terreno delle sostanze fertilizzanti necessarie per l'attecchimento delle piante che costituisce la fase più critica del loro sviluppo.

### **2. Irrigazioni**

Per quanto si impieghino specie vegetali degli ecotipi locali e quindi adattate a resistere alle avversità atmosferiche, nei primi anni dopo l'impianto, soprattutto nelle stazioni più critiche, le piante messe a dimora e i prati realizzati possono richiedere irrigazioni di soccorso.

### **3. Lavorazione del terreno e pacciamatura**

I nuovi impianti di alberi, arbusti e piante perenni, devono essere sottoposti a sarchiature periodiche per ridurre la competizione con le specie erbacee più invadenti e resistenti. In alcuni casi, anche come provvedimento di rivestimento del terreno e ridurre i fenomeni di ruscellamento delle acque superficiali, può essere utile la pacciamatura con materiale organico.

### **4. Sistemazione dei danni causati da erosione**

Si deve procedere nel più breve tempo possibile alla sistemazione dei danni causati da erosione (controllo delle sistemazioni idraulico-agrarie a monte delle opere, regimazione delle acque superficiali, ecc.).

### **5. Sostituzione delle piante morte e rinnovo delle fallanze dei prati**

Le piante morte devono essere sostituite con altre identiche così come deve essere riseminata ogni superficie a prato che presenti una crescita irregolare e difettosa; queste operazioni devono essere eseguite in modo tempestivo dall'accertamento del mancato attecchimento per evitare l'innescò di fenomeni erosivi localizzati e danni alle opere realizzate.

### **6. Sfalcio**

Negli interventi di inerbimento, in funzione delle specie prative impiegate e del grado di protezione richiesto dal progetto, si deve provvedere allo sfalcio periodico dei prati; questa operazione di manutenzione favorisce lo sviluppo radicale delle specie erbacee seminate.

### **7. Diradamento**

In alcuni casi si rende necessario diradare (ridurre di numero) gli esemplari vegetali presenti per: a) evitare che una specie prenda il sopravvento rispetto alle altre dell'associazione; b) contenere una specie infestante o pioniera a favore di quelle previste dal progetto; c) consentire lo sviluppo migliore delle specie eliofile se la densità d'impianto fosse eccessiva; d) guidare in modo artificiale l'evoluzione vegetale verso associazioni predefinite.

### **8. Potature, tagli selettivi e ceduzione**

Le potature di formazione, di rimonda e i tagli selettivi devono essere effettuate in funzione degli obiettivi prefissati dal progetto e comunque nel rispetto delle caratteristiche strutturali delle singole specie. In alcune tecniche di stabilizzazione e di consolidamento gli alberi e gli arbusti di nuovo impianto devono essere allevati con portamento ramificato alla base (per esempio la ceduzione dei salici arbustivi nelle sistemazioni fluviali o degli alberi su terreni acclivi nelle opere di consolidamento).

### **9. Controllo dei parassiti e delle fitopatie in genere**

Per quanto si impieghino specie vegetali locali di provata resistenza agli attacchi di malattie e di parassiti, è comunque sempre opportuno controllare la comparsa di possibili manifestazioni patologiche provvedendo alla tempestiva eliminazione dei fenomeni per evitare o limitare la diffusione. In caso di accertato attacco si dovrebbe provvedere alla sostituzione delle componenti vegetali danneggiate.

### **10. Controllo delle protezioni**

Nelle aree dove maggiore è la presenza di ungulati (cinghiali, caprioli, daini, cervi) e di lepri si rende necessario verificare il grado di efficienza delle protezioni (shelter, reti di protezione dei fusti,) dei singoli esemplari arborei ed arbustivi. Nel caso dei prati occorre controllare lo stato delle recinzioni per evitare il pascolo di animali selvatici o domestici.

### **11. Verifica del piano di coltura**

Nel caso di interventi di manutenzione del paesaggio (quindi riguardanti un territorio di estensione vasta) oppure di opere di ingegneria naturalistica in zone agricole, si deve verificare periodicamente lo stato di attuazione dei piani di coltura per evitare che lavorazioni improprie dei terreni, sistemazioni idraulico-agrarie o idraulico-forestali scorrette o cambi di destinazione d'uso (per esempio da aree agricole ad aree edificabili attraverso l'urbanizzazione) alterino le modalità di gestione dell'area dell'intervento e delle aree circostanti (in particolare quelle a monte nel caso di terreni collinari e montani).

La manutenzione delle componenti vegetali deve essere eseguita seguendo i tempi biologici della vegetazione; pertanto alcuni di questi dovranno essere eseguiti nel periodo di riposo vegetativo (diradamenti, potature e ceduazione, sostituzione delle fallanze, ecc.), altri durante il periodo di piena vegetazione (concimazioni, irrigazione, sfalci, ecc.). Alcune lavorazioni risultano essere invece indipendenti dalle stagioni e quindi possono essere eseguite all'occorrenza (verifica delle protezioni, ecc.).

La manutenzione delle componenti vegetali può assumere due obiettivi paradossalmente opposti tra di loro<sup>3</sup>: la manutenzione di "crescita" e la manutenzione di "contenimento".

La **manutenzione di "crescita"** è l'insieme delle lavorazioni e dei controlli necessari affinché gli impianti di nuova vegetazione (alberi, arbusti, specie erbacee, prati, ecc.) possano affermarsi e crescere in modo da costituire un ecosistema stabile nel tempo capace di ridurre il rischio idrogeologico, ricostruire l'equilibrio ecologico e migliorare il valore paesaggistico dell'area dell'intervento. Riguardando opere che ricostruiscono porzioni di ecosistemi, l'attività di manutenzione ha come obiettivo la crescita della vegetazione (nuova o già esistente) attraverso quelle operazioni che sono alla base delle sistemazioni paesaggistiche (impianti, concimazioni, irrigazioni, ecc.).

All'interno del ciclo di vita utile di un'opera di ingegneria naturalistica la manutenzione di crescita interessa il periodo iniziale della durata variabile da alcuni mesi per le opere di difesa spondale a qualche anno per gli interventi di consolidamento dei pendii; una volta che la vegetazione si è consolidata si deve iniziare un altro tipo di manutenzione ovvero quella di contenimento.

La **manutenzione di "contenimento"** è invece l'insieme delle lavorazioni e dei controlli necessari al mantenimento di una condizione di equilibrio "artificiale"; per esempio in determinate opere di ingegneria naturalistica, dove le caratteristiche meccaniche dell'apparato radicale sono fondamentali per la stabilità del sistema terreno-opera di ingegneria naturalistica-forze esterne occorre che la parte fuori terra delle piante (alberi o arbusti) risponda a determinate caratteristiche tecniche; in altri casi l'attività di manutenzione deve guidare in modo artificiale l'evoluzione vegetale verso determinate associazioni predefinite dal progetto. Come visto prima, da un punto di vista temporale, la manutenzione di contenimento segue, all'interno del ciclo di vita dell'opera, la manutenzione di crescita.

In generale si può osservare che:

- a) l'attività di manutenzione diminuisce per quantità e qualità con il tempo trascorso dall'epoca di realizzazione;
- b) l'attività di manutenzione è tanto maggiore quanto più critiche e selettive sono le condizioni stazionali dell'area (altitudine, terreno, clima, acclività, pressione antropica, squilibri faunistici, ecc.);
- c) l'attività di manutenzione è tanto maggiore quanto maggiore è il grado di artificialità dell'area di intervento e di quelle limitrofe;
- d) il controllo regolare delle opere (monitoraggio più manutenzione) è fondamentale per raggiungere gli obiettivi prefissati dal progetto;
- e) studiare il ciclo di vita utile (LCA) dell'opera progettata (e quella di altre opere simili già realizzate) consente di adottare tutti gli accorgimenti tecnici e le soluzioni più appropriate per allungare la vita dell'opera e minimizzare le attività di manutenzione;
- f) la manutenzione delle componenti vegetali di ingegneria naturalistica dovrebbe essere la minima possibile per poter permettere comunque la libera e naturale evoluzione della vegetazione.

---

<sup>3</sup> Regione Emilia Romagna, Regione Veneto, *Manuale Tecnico di Ingegneria Naturalistica*, Regione Emilia Romagna, Assessorato all'Ambiente – Regione Veneto, Assessorato Agricoltura e Foreste (ed.), Bologna 1993, p. 89

## 11.5 La manutenzione nel settore delle opere pubbliche

La Legge Quadro 109/94, e sue successive modificazioni ed integrazioni, fornisce importanti indicazioni sugli strumenti operativi e sulle finalità della manutenzione nel settore delle opere pubbliche.

Per la prima volta, nella legislazione italiana, viene introdotto tra gli elaborati del progetto esecutivo il piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti; successivamente il D. Lgs. 163/2006 all'art. 93 comma 5 riprende la L. 109/94 e prescrive che *"il progetto esecutivo deve essere altresì corredato da apposito piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti da redigersi nei termini, con le modalità, i contenuti, i tempi e la gradualità stabiliti dal regolamento di cui all'articolo 5"*.

Il Regolamento di Attuazione alla Legge Quadro (DPR 554/1999) specifica all'art. 40 comma 1 che *"il piano di manutenzione è il documento complementare al progetto esecutivo che prevede, pianifica e programma, tenendo conto degli elaborati progettuali esecutivi o di effettiva realizzazione, l'attività di manutenzione dell'intervento al fine di mantenerne nel tempo la funzionalità, le caratteristiche di qualità, l'efficienza e il valore economico"*.

Il piano di manutenzione (art. 40, comma 2), differenziato da progetto a progetto in relazione all'importanza ed alle specificità degli interventi previsti, è costituito dai seguenti documenti operativi:

---

### 1. manuale d'uso (art. 40, cm. 3, 4)

Il manuale d'uso si riferisce all'uso delle parti più importanti dell'opera, in particolare degli impianti tecnologici; il manuale contiene l'insieme delle informazioni che consentono all'utente: a) di conoscere le modalità di fruizione dell'opera; b) di seguire gli accorgimenti per limitare i danni derivanti da un utilizzo improprio; c) di eseguire tutte quelle operazioni necessarie alla sua conservazione che non richiedono conoscenze specialistiche; d) di riconoscere tempestivamente fenomeni di deterioramento anomalo al fine di sollecitare interventi specialistici.

Il manuale d'uso contiene le seguenti informazioni:

- a) la collocazione delle parti descritte all'interno dell'opera;
- b) la rappresentazione grafica dell'opera e delle sue componenti;
- c) la descrizione;
- d) le modalità di uso corretto.

---

### 2. manuale di manutenzione (art. 40, cm. 5, 6)

Il manuale di manutenzione si riferisce alla manutenzione delle parti più importanti del bene ed in particolare degli impianti tecnologici; il manuale fornisce, in relazione alle diverse unità tecnologiche, alle caratteristiche dei materiali o dei componenti interessati, le indicazioni necessarie per la corretta manutenzione nonché per il ricorso ai centri di assistenza o di servizio.

Il manuale di manutenzione contiene le seguenti informazioni:

- a) la collocazione nell'intervento delle parti menzionate;
- b) la rappresentazione grafica;
- c) la descrizione delle risorse necessarie per l'intervento manutentivo;
- d) il livello minimo delle prestazioni;
- e) le anomalie riscontrabili;
- f) le manutenzioni eseguibili direttamente dall'utente;
- g) le manutenzioni da eseguire a cura di personale specializzato.

---

### 3. programma di manutenzione (art. 40, cm. 7)

Il programma di manutenzione prevede un sistema di controlli e di interventi da eseguire, a cadenze temporali o altrimenti prefissate, al fine di una corretta gestione dell'opera e delle sue parti nel corso degli anni.

Esso si articola secondo tre sottoprogrammi:

- a) il sottoprogramma delle prestazioni, che prende in considerazione, per classe di requisito, le prestazioni fornite dal bene e dalle sue parti nel corso del suo ciclo di vita;
  - b) il sottoprogramma dei controlli, che definisce il programma delle
-

---

verifiche e dei controlli al fine di rilevare il livello prestazionale (qualitativo e quantitativo) nei successivi momenti della vita del bene, individuando la dinamica della caduta delle prestazioni aventi come estremi il valore (massimo) di collaudo e quello minimo di norma;

c) il sottoprogramma degli interventi di manutenzione, che riporta in ordine temporale i differenti interventi di manutenzione, al fine di fornire le informazioni per una corretta conservazione del bene.

---

Il manuale d'uso, il manuale di manutenzione ed il programma di manutenzione (art. 40, comma 8) vengono redatti in fase di progettazione; successivamente, al termine della realizzazione dell'opera, sono sottoposti al controllo ed alla verifica di validità a cura del direttore dei lavori, con le eventuali integrazioni ed aggiornamenti che si rendono necessari in seguito alle modificazioni ed ai problemi emersi durante l'esecuzione dei lavori.

A decorrere dal 28 luglio 2002 (art. 40, comma 9) il piano di manutenzione deve essere redatto per tutti i progetti di opere pubbliche, fatto salvo il potere di deroga del responsabile del procedimento per i progetti affidati relativi a lavori di importo inferiore ai 10 milioni di Euro.

## 12. ASPETTI AMMINISTRATIVI

*Esperio Crinelli*

### 12.1 Progettazione

L'individuazione dei criteri da riportare nei bandi (sempre obbligatori per la pubblica Amministrazione) per il conferimento di incarichi di progettazione relativi ad interventi di ingegneria naturalistica riguardano:

- qualifica professionale
- curriculum
- esperienze formative
- altro

E' necessario prevedere e pretendere sempre la partecipazione di tutte le figure professionali che ogni singolo intervento richiede, almeno in forma di consulenza per il professionista incaricato per la progettazione.

E' comunque sempre necessaria la presenza del tecnico specialista e di esperti botanico-vegetazionali se si interviene con piante vive.

La creazione di un gruppo di lavoro interdisciplinare è indispensabile per la buona riuscita nel tempo dell'opera di ingegneria naturalistica.

#### Documenti per la progettazione con tecniche di Ingegneria Naturalistica

Nell'ambito della progettazione di interventi di I.N., il D.P.R. 554/99 prevede la stesura di 3 progetti, in versione preliminare, definitiva, esecutiva. Di seguito si propone uno schema di base per la presentazione dei documenti tipo di ogni fase.

<b>PROGETTO PRELIMINARE</b>	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>
1. Premessa	1. Relazione geologica, geotecnica, idrologica, idraulica
2. Aspetti climatici	2. Relazione botanico-vegetazionale
3. Aspetti geologici e geomorfologici	3. Relazione tecnica di progetto
4. Caratteristiche idrologiche e idrauliche	4. Analisi prezzi
5. Vincolistica	5. Elenco prezzi
6. Vegetazione naturale e potenziale	6. Computo metrico estimativo
7. Aspetti faunistici	7. Documentazione fotografica
8. Relazione tecnica con proposte progettuali	8. Corografia (25.000)
9. Documentazione fotografica	9. Planimetria dello stato di fatto
10. Quadro economico	10. Planimetria di progetto
11. Corografia (25.000)	11. Sezioni topografiche e rilievo topografico
12. Planimetria catastale dell'area di intervento (2.000)	12. Progetto degli interventi di Ingegneria Naturalistica e particolari costruttivi
13. Piano catastale	13. Quadro Tecnico Economico
	14. Percentuale manodopera

**PROGETTO ESECUTIVO**

1. Relazione botanico-vegetazionale	10. Sezioni topografiche e rilievo
2. Relazione tecnica di progetto	11. Progetto degli interventi di Ingegneria Naturalistica e particolari costruttivi
3. Analisi prezzi	12. Capitolato speciale d'appalto
4. Elenco prezzi	13. Piano di sicurezza
5. Computo metrico estimativo	14. Piano di manutenzione
6. Documentazione fotografica	15. Cronoprogramma
7. Dettagli esecutivi	16. Schema di contratto
8. Corografia (25.000)	17. Quadro incidenza percentuale della manodopera
9. Planimetria catastale dell'area di intervento (2.000)	

**12.2 Appalto**

Relativamente alla fase di appalto delle opere è necessario che gli enti appaltanti applichino con attenzione la normativa vigente in materia di qualificazione delle imprese, attraverso una puntuale formulazione del bando di gara; ciò costituisce presupposto indispensabile affinché gli interventi di ingegneria naturalistica vengano realizzati da soggetti qualificati.

Il Regolamento recante l'istituzione dell'attuale sistema di qualificazione per gli esecutori di lavori pubblici è stato approvato con D.P.R. 25 gennaio 2000 n. 34, in base al quale le opere di ingegneria naturalistica sono state classificate come opere generali corrispondenti alla categoria OG13.

Lo stesso stabilisce requisiti diversi per la realizzazione di lavori pubblici di importo pari o inferiore ad Euro 150.000 e lavori di importo superiore.

- Per l'esecuzione di opere pubbliche, di importo superiore ad Euro 150.000, nelle quali i lavori di ingegneria naturalistica siano prevalenti, è già previsto che l'impresa concorrente sia qualificata per la categoria OG13, e quindi in possesso di apposita attestazione SOA nella categoria stessa e per la classifica necessaria in base all'importo dei lavori.
- Per quanto attiene, invece, la realizzazione di lavori di importo pari o inferiore ad Euro 150.000, ai fini della redazione del bando di gara, pur non occorrendo l'indicazione della categoria delle lavorazioni (OG13), è importante che il bando preveda il possesso da parte del concorrente di una professionalità qualificata che si traduce in un rapporto di analogia tra lavori eseguiti dal concorrente e quelli oggetto dell'appalto da affidare, inteso come coerenza tecnica fra la natura degli uni e degli altri; l'Autorità per la vigilanza sui lavori pubblici con propria deliberazione ha definito i rapporti di analogia formulando per quanto attiene i lavori di cui trattasi la seguente indicazione di corrispondenza: lavori cat. OG13 - Lavori agricolo-forestali.
- Va infine considerato il caso in cui in un'opera superiore ad Euro 150.000, nella quale i lavori prevalenti appartengano ad altra categoria, siano previsti anche lavori di ingegneria naturalistica di importo superiore al 10% dell'importo complessivo oppure superiore a 150.000 Euro; in tal caso le opere devono essere indicate nel bando di gara e saranno eseguibili direttamente dal concorrente solo se in possesso di qualificazione, oppure subappaltate ad imprese in possesso dei requisiti o eseguite tramite ATI.

**12.3 Collaudo**

Premesso che ai sensi dell'art. 141 del D.Lgs. 163/2006 "il certificato di collaudo ha carattere provvisorio, ed assume carattere definitivo decorsi due anni dall'emissione del medesimo", quando il materiale di costruzione è costituito da piante vive occorre prevedere sempre una doppia verifica, sia a fine lavori, che a distanza di una stagione vegetativa.

Al riguardo si evidenzia quanto previsto dal comma 10 dell'art. 141 del D.Lgs. 163/2006 "Salvo quanto previsto dall'art. 1669 del Codice Civile, l'appaltatore risponde per le difformità ed i vizi dell'opera, ancorché riconoscibili, purché denunciati dal soggetto appaltante prima che il certificato di collaudo assuma carattere definitivo".

### 13. **NORMATIVA NAZIONALE E REGIONALE DI RIFERIMENTO**

*Angelo Recchi*

Da quando sono apparsi i primi provvedimenti, la normativa nazionale in materia di ingegneria naturalistica ha subito una costante e progressiva evoluzione, sia da un punto di vista tecnico sia metodologico, che ha permesso di migliorare gli strumenti disponibili ed i criteri progettuali.

In particolare sono della massima importanza due documenti: la Legge 11 febbraio 1994, n. 109, Legge quadro in materia di lavori pubblici (S.O. alla G.U. n. 41 del 19 febbraio 1994) e il Decreto del Presidente della Repubblica 21 dicembre 1999, n. 554, Regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici 11 febbraio 1994, n. 109 e successive modificazioni (S.O. n. 66/L della G.U. n. 98 del 28 aprile 2000).

La L. 109/94 è stata abrogata a seguito dell'entrata in vigore del Decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163 "Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE" (G.U. n. 100 del 2 maggio 2006), che, con le sue successive modifiche, integrazioni e regolamenti attuativi, costituisce attualmente il sistema di norme che regola lavori, servizi e forniture in ambito pubblico.

---

Decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163 "Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE" (G.U. n. 100 del 2 maggio 2006)).

*[N.B. Il testo qui riportato è quello coordinato (testo coordinato con l'art. 4-quater della legge 102 del 3/8/2009 e con l'art. 2, comma 19, della legge 94 del 2009)]*

[ ... ]

#### **Art. 3**

##### Definizioni

<omissis>

[8] I «lavori» di cui all'allegato 1 comprendono le attività di costruzione, demolizione, recupero, ristrutturazione, restauro, manutenzione, di opere. Per «opera» si intende il risultato di un insieme di lavori, che di per sé espliciti una funzione economica o tecnica. Le opere comprendono sia quelle che sono il risultato di un insieme di lavori edilizi o di genio civile, sia quelle di presidio e difesa ambientale e di ingegneria naturalistica. *(comma così modificato dall'art. 1, comma 1, lettera a), d.lgs. n. 152 del 2008)*

<omissis>

#### **Art. 128**

##### Programmazione dei lavori pubblici

<omissis>

[2] Il programma triennale costituisce momento attuativo di studi di fattibilità e di identificazione e quantificazione dei propri bisogni che le amministrazioni aggiudicatrici predispongono nell'esercizio delle loro autonome competenze e, quando esplicitamente previsto, di concerto con altri soggetti, in conformità agli obiettivi assunti come prioritari. Gli studi individuano i lavori strumentali al soddisfacimento dei predetti bisogni, indicano le caratteristiche funzionali, tecniche, gestionali ed economico-finanziarie degli stessi **e contengono l'analisi dello stato di fatto di ogni intervento nelle sue eventuali componenti storico-artistiche, architettoniche, paesaggistiche, e nelle sue componenti di sostenibilità ambientale, socio-economiche, amministrative e tecniche.** In particolare le amministrazioni aggiudicatrici individuano con priorità i bisogni che possono essere soddisfatti tramite la realizzazione di lavori finanziabili con capitali privati, in quanto suscettibili di gestione economica. Lo schema di programma triennale e i suoi aggiornamenti annuali sono resi pubblici, prima della loro approvazione, mediante affissione nella sede delle amministrazioni aggiudicatrici per almeno sessanta giorni consecutivi ed eventualmente mediante pubblicazione sul profilo di committente della stazione appaltante.

Le amministrazioni aggiudicatrici individuano con priorità i bisogni che possono essere soddisfatti tramite la realizzazione di lavori finanziabili con capitali privati, in quanto suscettibili di gestione economica. Lo schema di programma triennale e i suoi aggiornamenti annuali sono resi pubblici, prima della loro approvazione, mediante affissione nella sede dei soggetti di cui all'art. 2, secondo comma, lettera a), per almeno 60 giorni consecutivi.

<omissis>

Decreto Presidente della Repubblica 21 dicembre 1999, n. 554, Regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici 11 febbraio 194, n. 109 e successive modificazioni (S.O. n. 66/L della G.U. n. 98 del 28 aprile 2000)

<omissis>

## Art. 2

### Definizioni

1. Ai fini del presente regolamento si intende per:

<omissis>

f) **opere o lavori di presidio e difesa ambientale e di ingegneria naturalistica: quelli, puntuali o a rete, destinati al risanamento o alla salvaguardia dell'ambiente e del paesaggio;**

h) opere e impianti di speciale complessità, o di particolare rilevanza sotto il profilo tecnologico, o complessi o ad elevata componente tecnologica, oppure di particolare complessità, secondo le definizioni rispettivamente contenute nell'articolo 17, commi 4 e 13, nell'articolo 20, comma 4, e nell'articolo 28, comma 7 della Legge: le opere e gli impianti caratterizzati dalla presenza in modo rilevante di almeno due dei seguenti elementi:

- 1) utilizzo di materiali e componenti innovativi;
- 2) processi produttivi innovativi o di alta precisione dimensionale e qualitativa;
- 3) **esecuzione in luoghi che presentano difficoltà logistica o particolari problematiche geotecniche, idrauliche, geologiche e ambientali;**
- 4) complessità di funzionamento d'uso o necessità di elevate prestazioni per quanto riguarda la loro funzionalità;
- 5) esecuzione in ambienti aggressivi;
- 6) necessità di prevedere dotazioni impiantistiche non usuali;

<omissis>

## Art. 15

### Disposizioni preliminari

1. La progettazione ha come fine fondamentale la realizzazione di un intervento di qualità e tecnicamente valido, nel rispetto del miglior rapporto fra i benefici e i costi globali di costruzione, manutenzione e gestione. **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 dell'intervento nel tempo.**

5. Il documento preliminare, con approfondimenti tecnici e amministrativi graduati in rapporto all'entità, alla tipologia e categoria dell'intervento da realizzare, riporta fra l'altro l'indicazione:

- a) **della situazione iniziale e della possibilità di far ricorso alle tecniche di ingegneria naturalistica;**
- b) degli obiettivi generali da perseguire e delle strategie per raggiungerli;
- c) delle esigenze e bisogni da soddisfare;
- d) delle regole e norme tecniche da rispettare;
- e) dei vincoli di legge relativi al contesto in cui l'intervento è previsto;
- f) delle funzioni che dovrà svolgere l'intervento;
- g) dei requisiti tecnici che dovrà rispettare;
- h) degli impatti dell'opera sulle componenti ambientali e nel caso degli organismi edilizi delle attività ed unità ambientali;
- i) delle fasi di progettazione da sviluppare e della loro sequenza logica nonché dei relativi tempi di svolgimento;
- l) dei livelli di progettazione e degli elaborati grafici e descrittivi da redigere;
- m) dei limiti finanziari da rispettare e della stima dei costi e delle fonti di finanziamento;
- n) del sistema di realizzazione da impiegare.

**7. Gli elaborati progettuali prevedono misure atte ad evitare effetti negativi sull'ambiente, sul paesaggio e sul patrimonio storico, artistico ed archeologico in relazione all'attività di cantiere ed a tal fine comprendono:**

- a) uno studio della viabilità di accesso ai cantieri, ed eventualmente la progettazione di quella provvisoria, in modo che siano contenuti l'interferenza con il traffico locale ed il pericolo per le persone e l'ambiente;
- b) l'indicazione degli accorgimenti atti ad evitare inquinamenti del suolo, acustici, idrici ed atmosferici;

c) la localizzazione delle cave eventualmente necessarie e la valutazione sia del tipo e quantità di materiali da prelevare, sia delle esigenze di eventuale ripristino ambientale finale;

d) lo studio e la copertura finanziaria per la realizzazione degli interventi di conservazione, protezione e restauro volti alla tutela e salvaguardia del patrimonio di interesse artistico e storico e delle opere di sistemazione esterna.

**8. I progetti sono redatti considerando anche il contesto in cui l'intervento si inserisce in modo che esso non pregiudichi l'accessibilità, l'utilizzo e la manutenzione delle opere, degli impianti e dei servizi esistenti.**

<omissis>

#### Art. 19

Relazione illustrativa del progetto preliminare

1. La relazione illustrativa, secondo la tipologia, la categoria e la entità dell'intervento, contiene:

a) la descrizione dell'intervento da realizzare;

b) l'illustrazione delle ragioni della soluzione prescelta sotto il profilo localizzativo e funzionale, nonché delle problematiche connesse alla **prefattibilità ambientale**, alle preesistenze archeologiche e alla situazione complessiva della zona, in relazione alle caratteristiche e alle finalità dell'intervento, anche con riferimento ad altre possibili soluzioni;

c) l'esposizione della fattibilità dell'intervento, documentata attraverso lo **studio di prefattibilità ambientale**, dell'esito delle indagini geologiche, geotecniche, idrologiche, idrauliche e sismiche di prima approssimazione delle aree interessate e dell'esito degli accertamenti in ordine agli eventuali vincoli di natura storica, artistica, archeologica, paesaggistica o di qualsiasi altra natura interferenti sulle aree o sugli immobili interessati;

<omissis>

#### Art. 21

Studio di prefattibilità ambientale

1. Lo studio di prefattibilità ambientale in relazione alla tipologia, categoria e all'entità dell'intervento e allo scopo di ricercare le condizioni che consentano un miglioramento della qualità ambientale e paesaggistica del contesto territoriale comprende:

a) la verifica, anche in relazione all'acquisizione dei necessari pareri amministrativi, di compatibilità dell'intervento con le prescrizioni di eventuali piani paesaggistici, territoriali ed urbanistici sia a carattere generale che settoriale;

b) lo studio sui prevedibili effetti della realizzazione dell'intervento e del suo esercizio sulle componenti ambientali e sulla salute dei cittadini;

c) la illustrazione, in funzione della minimizzazione dell'impatto ambientale, delle ragioni della scelta del sito e della soluzione progettuale prescelta nonché delle possibili alternative localizzative e tipologiche;

**d) la determinazione delle misure di compensazione ambientale e degli eventuali interventi di ripristino, riqualificazione e miglioramento ambientale e paesaggistico, con la stima dei relativi costi da inserire nei piani finanziari dei lavori;**

e) l'indicazione delle norme di tutela ambientale che si applicano all'intervento e degli eventuali limiti posti dalla normativa di settore per l'esercizio di impianti, nonché l'indicazione dei criteri tecnici che si intendono adottare per assicurarne il rispetto.

<omissis>

Decreto Presidente della Repubblica 25 gennaio 2000, n. 34, Regolamento recante istituzione del sistema di qualificazione per gli esecutori di lavori pubblici, ai sensi dell'art. 8 della legge 11 febbraio 1994, n. 109, e successive modificazioni (S.O. n. 35/L alla G.U. n. 49 del 29.02.2000)

<omissis>

#### **OG 13: Opere di ingegneria naturalistica**

Riguarda la costruzione, la manutenzione o la ristrutturazione di opere o lavori puntuali, e di opere o di lavori diffusi, necessari alla difesa del territorio ed al ripristino della compatibilità fra "sviluppo sostenibile" ed ecosistema, comprese tutte le opere ed i lavori necessari per attività botaniche e zoologiche.

Comprende in via esemplificativa i processi di recupero naturalistico, botanico e faunistico, la conservazione ed il recupero del suolo utilizzato per cave e torbiere e dei bacini idrografici, l'eliminazione del dissesto idrogeologico per mezzo di piantumazione, le opere necessarie per la stabilità dei pendii, la riforestazione, i lavori di sistemazione agraria e le opere per la rivegetazione di scarpate stradali, ferroviarie, cave e discariche.

<omissis>

## Normativa nazionale

- 1987 Decreto Presidente della Repubblica 19 giugno 1987, n. 306, Regolamento per l'organizzazione del Ministero dell'Ambiente (G.U. n. 175 del 29.07.1987)
- 1989 Legge 18 maggio 1989, n. 183, Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo (S.O. n. 38 alla G.U. n. 120 del 25.05.1989)<sup>4</sup>
- 1990 Decreto Presidente del Consiglio dei Ministri 23 marzo 1990, Atto di indirizzo e coordinamento ai fini della elaborazione e della adozione degli schemi previsionali e programmatici di cui all'art. 31 della legge 18 maggio 1989, n. 183, recante norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo (G.U. n. 79 del 04.04.1990)
- 1993 Decreto Presidente della Repubblica 14 aprile 1993, Atto di indirizzo e coordinamento alle regioni recante criteri e modalità per la redazione dei programmi di manutenzione idraulica e forestale (G.U. n. 91 del 20.04.1993)<sup>5</sup>
- 1995 Decreto Presidente della Repubblica 1995, Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento concernente i criteri per la redazione dei piani di bacino (G.U. n. 7 del 10.01.1995)
- 1998 Presidenza del Consiglio dei Ministri - Dipartimento della Protezione Civile, Ordinanza 31 marzo 1998 n. 2775, Ulteriori disposizioni concernenti "Immediati interventi per fronteggiare lo stato di emergenza socio-economico-ambientale determinatosi nel bacino idrografico del fiume Sarno (G.U. n. 78 del 3.04.1998)
- 1999 Decreto Ministeriale 4 febbraio 1999 Attuazione dei programmi urgenti per la riduzione del rischio idrogeologico, di cui articoli 1, comma 2, e 8, comma 2, del D.L. n. 180, convertito, con modificazioni dalla legge 3 agosto 1998, n. 267  
Ministero per le Politiche Agricole, Decreto Ministeriale 19 aprile 1999, Approvazione del Codice di Buona Pratica Agricola (S.O. n. 86 alla G.U. n. 102 del 04.05.1999)  
Autorità di Bacino del Fiume Po, Deliberazione 11 maggio 1999 n. 1/99, Adozione del progetto di piano stralcio per l'assetto idrogeologico (S.O. n. 142 alla G.U. n. 175 del 28.07.1999)  
Decreto Presidente della Repubblica 2 settembre 1999, n. 348, Regolamento recante norme tecniche concernenti gli studi di impatto ambientale per talune categorie di opere (G.U. n. 240 del 12.10.1999)  
Decreto Presidente della Repubblica 21 dicembre 1999, n. 554, Regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici 11 febbraio 1994, n. 109, e successive modificazioni (S.O. n. 66/L alla G.U. n. 98 del 28.04.2000)
- 2000 Decreto Presidente della Repubblica 25 gennaio 2000, n. 34, Regolamento recante istituzione del sistema di qualificazione per gli esecutori di lavori pubblici, ai sensi dell'art. 8 della legge 11 febbraio 1994, n. 109, e successive modificazioni (S.O. n. 35/L alla G.U. n. 49 del 29.02.2000)
- 2001 Legge 23 marzo 2001, n. 93 Disposizioni in campo ambientale.
- 2002 Criteri e tecniche per la manutenzione del territorio ai fini della prevenzione del rischio idrogeologico" pubblicato nel mese di maggio 2002 sul sito Internet dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Direzione per la Difesa del Territorio, Segreteria Tecnica Difesa del Suolo  
Decreto Ministeriale 3 settembre 2002 Linee guida per la gestione dei siti Natura 2000.
- 2006 Testo unico in materia ambientale D.Lgs. 03 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale", pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale del 14 aprile 2006, n. 88, S.O.  
Decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163 "Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE" pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale del 2 maggio 2006 n. 100.  
Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Ministero dell'Economia e delle Finanze. Linee guida per capitolati speciali per interventi di ingegneria naturalistica. Edizione 2006. Progetto Operativo Difesa Suolo PODIS.

4 La L. 183/89 costituisce il caposaldo legislativo per gli interventi di recupero ambientale in quanto stabilisce che la sistemazione, la conservazione ed il recupero del suolo nei bacini idrografici deve avvenire con interventi idrogeologici, idraulici, idraulico-forestali, idraulico-agrari, silvo-pastorali, di forestazione e di bonifica anche attraverso processi di recupero naturalistico, botanico e faunistico.

5 Poichè non erano state ancora codificate le tecniche di ingegneria naturalistica, il decreto fa riferimento a tecnologie di ingegneria ambientale e a tecniche di ingegneria ambientale.

## Normativa della Regione Marche

- 1997 □ Circolare n. 1 del 23.01.1997, Criteri ed indirizzi per l'attuazione di interventi in ambito fluviale nel territorio della Regione Marche (B.U.R. n. 11 del 6.02.1997);
- 1998 □ Deliberazione G.R. n. 3096 SI/PRG del 14.12.1998, L.M. n. 34/92 - Piano d'Inquadramento Territoriale (P.I.T.) - Adozione dello schema di piano (supplemento n. 1 al B.U.R. n. 7 del 28.01.1999);
- 1999 □ L.R. 25 maggio 1999, n. 13, *Disciplina regionale della difesa del suolo* (B.U.R. n. 57 del 3.06.1999);  
 □ Deliberazione amministrativa n. 300 del 29 febbraio 2000 – Approvazione del Piano Straordinario diretto a rimuovere le situazioni a rischio idrogeologico più alto, aggiornato con l'assegnazione agli Enti attuatori con Decreto del Dirigente di Servizio n. 6 del 17/01/2001 (BUR n. 17 del 01.02.2001);
- 2000 □ Delibera del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino di Rilievo Regionale delle Marche n. 3 del 30 Maggio 2000 *Adozione del programma dell'Autorità di Bacino delle Marche per la lotta alla siccità e desertificazione, come previsto dalla deliberazione CIPE n. 299/99*;
- 2001 □ Delibera n. 15 del 28.06.2001, *Piano di Assetto Idrogeologico (PAI)* pubblicato sul Suppl. n. 25 al BUR n. 99 del 06.09.2001;
- 2002 □ Deliberazione Amministrativa del Consiglio Regionale n. 66 del 9 aprile 2002 *Piano Regionale delle Attività Estrattive (P.R.A.E.)* pubblicato sul Supplemento n. 18 al BUR n. 80 del 16.07.2002;
- 2006 □ Regione Marche. L.R. 23 febbraio 2005, n. 6 *Legge forestale regionale*, pubblicata nel B.U.R. n. 25 del 10 marzo 2005;
- 2009 □ Deliberazione della G.R. n. 1108 del 06.07.2009 Aggiornamento a luglio 2009 ed integrazione del *Prezzario ufficiale in materia di lavori pubblici* (in particolare sezione 17 - Opere di sistemazione idraulica; sezione 23 – Opere forestali e di ingegneria naturalistica). Supplemento n. 3 al B.U.R. n. 70 del 23/07/2009;
- 2010 □ Deliberazione Amministrativa del Consiglio Regionale n. 145 del 26 gennaio 2010 *Piano regionale di Tutela delle Acque*.



## 14. BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

- AA.VV., 1996. Tecniche di ingegneria naturalistica e rinaturalizzazione in ambito fluviale applicate alla gestione ittica e alla pesca. Atti del Convegno. Suppl. al periodico Il pescatore trentino.
- AA.VV., 1997. Ingegneria Naturalistica. Atti del Convegno Pesaro, 7 aprile 1995. Provincia di Pesaro e Urbino, Pesaro.
- AA.VV., 1998. Atti del Convegno "Recupero ambientale delle aree di cava nel quadro normativo e pianificatorio regionale" - Ferrara, 6 aprile 1998 - Regione Emilia Romagna, Assessorato Territorio, Programmazione e Ambiente.
- AA.VV., 1999. Efficacia e costi degli interventi di ingegneria naturalistica. Atti del Convegno Internazionale Trieste, 25-27 novembre 1999. EFIB, AIPIN.
- AA.VV., 1999. La civiltà del fiume verso l'Europa del 2000. Atti del Convegno. Provincia di Pesaro e Urbino. Assessorato Ambiente. Pesaro.
- AA.VV., 1999. Sentieri. Ripristino, manutenzione, segnaletica. I Manuali del Club Alpino Italiano.
- AA.VV., 2001. Interventi di rivegetazione e ingegneria naturalistica per infrastrutture lineari. Atti del Convegno Internazionale Tarvisio (UD) 14-16 giugno 2001. EFIB, AIPIN.
- AA.VV., 2001. Manuale di riqualificazione fluviale. Le esperienze pioniere della rinaturalizzazione in Europa. CIRF Centro Italiano per la riqualificazione fluviale. Mazzanti Editori, Venezia.
- AA.VV., 2003. Primo Forum Nazionale. Rischio idraulico e assetto della rete idrografica nella pianificazione di bacino. Maggioli Editore, Rimini.
- AA.VV., 2005. Album n. 1. L'Ingegneria Naturalistica. Interventi di qualità selezionati da Acer. Il Verde Editoriale, Varese.
- AA.VV., 2005. Ingegneria Naturalistica Opportunità per il territorio. Fondazione Cogeme onlus. Rovato (BS).
- AA.VV., 2005. Album n. 1. L'ingegneria naturalistica, Il Verde Editoriale, Milano.
- AIPIN Campania, 2002. Atti Convegno "L'Ingegneria Naturalistica nel quadro di attuazione del P.O.R. Campania". AIPIN Sezione Campania, Regione Campania.
- AIPIN Campania (a cura di), 2002. Regolamento per l'attuazione degli interventi di Ingegneria Naturalistica nel territorio della Regione Campania. Allegato Tecnico, Regione Campania (ed.), Napoli.
- Anderloni S., A. Clerici, G.P. Borroni, M. Visconti, 2006. Arboricoltura. La resistenza al taglio dei terreni radicati - Prova di forza. ACER 1/2006 gennaio/febbraio, pp. 51-55.
- Andrich A., D'Agostino V., (a cura di) 2000. Le opere in legno nella sistemazione dei torrenti montani. Regione Veneto, ARPAV, Centro Valanghe di Arabba (BL).
- Andrich A., Ruol G., (a cura di) 2000. Aspetti progettuali ed esecutivi nei cantieri di ingegneria naturalistica. Atti del corso. Regione Veneto, ARPAV, Centro Valanghe di Arabba (BL).
- ANPA, 2000. I.F.F. Indice di funzionalità fluviale. Dipartimento Stato dell'Ambiente, Controlli e Sistemi Informativi, Roma.
- ANPA, 2002. Atlante delle opere di sistemazione dei versanti. Primo aggiornamento. Manuali e linee guida 10/2002. Dipartimento Rischio Tecnologico e Naturale, Unità Interdipartimentale Rischio Idrogeologico, Roma.
- APAT, 2004. Atlante delle opere di sistemazione fluviale. Dipartimento Difesa del Suolo, Roma.
- Associazione Parco Naturale del Fiume Savio, 1997. Come progettare il parco fluviale. Rinaturazione, tutela e valorizzazione delle aree fluviali, Atti del convegno Cesena 2 giugno 1995, Macroedizioni, Cesena.
- Bacci M., S. Bardi, A. Dignani (a cura di), 2000. Manuale di metodologie e tecniche a basso impatto in materia di difesa del suolo. Allegato di "Attenzione", n. 23. WWF Italia, Regione Marche.
- Bardi S. (a cura di), 2001. WWF Liberafiumi - Proposte per il miglioramento della qualità degli ambienti fluviali. Allegato di "Attenzione", n. 23. WWF Italia.
- Begemann W., H.M. Schiechl, U. Erdbau, 1992. Ingenieurbiologie. Handbuch zum oekologischen Wasser. Bauverlag GmbH.
- Bifulco C. (a cura di), 2001. Interventi di ingegneria naturalistica nel Parco nazionale del Vesuvio. Studi e Ricerche del Parco nazionale del Vesuvio, n. 2. Parco nazionale del Vesuvio.
- Boccalaro F., 2006. Difesa del territorio e ingegneria naturalistica. Dario Flaccovio Editore.
- Bruschini U., 2003. Schema di contratto e capitolato speciale d'appalto per opere di ingegneria naturalistica e linee guida per progettazione, manutenzione e collaudo. Regione Liguria, WWF sezione Liguria, Genova.

- Carbonari A., M. Mezzanotte, 1996. Tecniche naturalistiche nella sistemazione del territorio. Provincia Autonoma di Trento; Servizio Ripristino e Valorizzazione Ambientale.
- Cornelini P., 2002. Criteri e tecniche per la manutenzione del territorio ai fini della prevenzione del rischio idrogeologico. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Direzione per la Difesa del Territorio.
- Cornelini P., C. Federico, G. Pirrera, 2008. Arbusti autoctoni mediterranei per l'ingegneria naturalistica. Primo contributo alla morfometria degli apparati radicali. Azienda Regionale Foreste Demaniali Regione Siciliana. Collana Sicilia Foreste, n. 48.
- Dinetti M., 2000. Infrastrutture ecologiche. Il Verde Editoriale.
- Ente Parco Naturale Regionale del fiume Sile, 2001. Linee guida per interventi di ricomposizione ambientale in aree private, Ente Parco Naturale Regionale del fiume Sile (ed.), Treviso.
- Florineth F., 2007. Piante al posto del cemento. Il Verde Editoriale, Milano.
- Florineth F., M. Molon (a cura di), 2004. Dispensa di Ingegneria Naturalistica 2004/2005, Università di Bodenkultur, Vienna, Istituto di Ingegneria Naturalistica e Costruzione del Paesaggio (ed.), Vienna.
- Gibelli M.G., D. Meucci, F. Oggioni, F. Palmeri, F. Vallone, 1995. Quaderni di ingegneria naturalistica. Sistemazioni in ambito fluviale. Ed. Il Verde Editoriale, Milano.
- Gisotti G., Benedini M., 2001. Il dissesto idrogeologico. Previsione, prevenzione e mitigazione del rischio. Carocci Ed.
- Gisotti G., 2008. Le cave. Recupero e pianificazione ambientale. Dario Flaccovio Editore, Palermo.
- Lachat B., 1991. Le cours d'eau. Conservation, entretien, et aménagement, Consiglio d'Europa (ed.), Strasburgo.
- Malcevski S., L.G. Bisogni, A. Gariboldi, 1996. Reti ecologiche ed interventi di miglioramento ambientale. Il Verde Editoriale, Milano.
- Malcevski S., Levi P., 1999. Reti ecologiche - Un progetto concreto. ACER, n. 5: 88.
- Martino N. (a cura di), 1991. Tutela e gestione degli ambienti fluviali. Serie Atti e Studi WWF, N. 8, Roma.
- Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Ministero dell'Economia e delle Finanze, 2005. Manuale di indirizzo delle scelte progettuali per interventi di ingegneria naturalistica. Progetto Operativo Difesa Suolo PODIS.
- Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Ministero dell'Economia e delle Finanze, 2006. Linee guida per capitolati speciali per interventi di ingegneria naturalistica. Edizione 2006. Progetto Operativo Difesa Suolo PODIS.
- Ministero Politiche Agricole e Forestali, 2005. Un nuovo rapporto tra agricoltura, ambiente e società. Manuale operativo, Ministero Politiche Agricole e Forestali (ed.), Roma.
- Perego A., 2005. Erosione e dissesto idrogeologico. Ambiente & Territorio. Maggioli Editore. Rimini
- Provincia di Terni, 2003. Manuale Tecnico di Ingegneria Naturalistica della Provincia di Terni. Provincia di Terni, Servizio Assetto del Territorio - AUR Agenzia Umbria Ricerche, Terni.
- Regione Basilicata, 2001. Manuale Tecnico di Ingegneria Naturalistica. Collana di studi e ricerche scientifiche sull'ambiente. Dipartimento Ambiente e Territorio, Potenza.
- Regione Emilia Romagna, 2003. Il recupero e la riqualificazione ambientale delle cave in Emilia-Romagna. Manuale teorico-pratico (con CD).
- Regione Emilia Romagna, Regione Veneto, 1993. Manuale Tecnico di Ingegneria Naturalistica, Regione Emilia Romagna, Assessorato all'Ambiente - Regione Veneto, Assessorato Agricoltura e Foreste (ed.), Bologna.
- Regione Lazio (a cura di), 2006-2008. Quaderni di cantiere (n. 18 vol.). Assessorato all'Ambiente e Cooperazione tra i Popoli, Roma.
- Regione Lazio (a cura di), 2008. Manuale di ingegneria naturalistica per le scuole secondarie. Assessorato all'Ambiente e Cooperazione tra i Popoli, Roma.
- Regione Liguria, 1995. Opere e tecniche di ingegneria naturalistica e recupero ambientale, Regione Liguria, Assessorato Edilizia, Energia e Difesa del suolo (ed.), Genova.
- Regione Lombardia, 2000. Deliberazione Giunta Regionale 29 febbraio 2000 N. 6/48740 pubblicata sul Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia n. 122 del 9 maggio 2000.
- Regione Piemonte, 2003. Interventi di sistemazione del territorio con tecniche di I.N. Regione Piemonte - Ass. Ambiente.
- Regione Toscana, 2000. Principi e linee guida per l'Ingegneria Naturalistica. Vol. 1 - Processi territoriali e criteri metodologici, Regione Toscana (ed), Firenze.
- Regione Toscana, 2001. Principi e linee guida per l'ingegneria naturalistica. Sviluppo e applicazioni in Toscana. Vol. 2, Regione Toscana.

- Sanna S., 2003. Sistemazioni Idraulico-Forestali nella difesa del suolo. Dario Flaccovio Editore, Palermo.
- Sanna S., 2008. Ingegneria naturalistica nei territori montani. Dario Flaccovio Editore, Palermo.
- Sauli G., A. Zilli (a cura di), 2002. Atti del Convegno: Interventi di rivegetazione e tecniche di ingegneria naturalistica per la stabilizzazione dei versanti calanchivi. Repubblica di S. Marino, Segr. Stato per Territorio, Ambiente e Agricoltura, AIPIN. Trieste.
- Sauli G., P. Cornelini, F. Preti (a cura di), 2002. Manuale di Ingegneria Naturalistica. Vol. 1 - Sistemazioni idrauliche, Regione Lazio (ed.), Roma.
- Sauli G., P. Cornelini, F. Preti (a cura di), 2004. Manuale di Ingegneria Naturalistica. Vol. 2 - Strade, cave, discariche e coste sabbiose, Regione Lazio (ed.), Roma.
- Sauli G., P. Cornelini, F. Preti (a cura di), 2006. Manuale di Ingegneria Naturalistica. Vol. 3 - Sistemazioni dei versanti, Regione Lazio (ed.), Roma.
- Sauli G., S. Siben, 1993. Tecniche di rinaturazione e di ingegneria naturalistica - Esperienze europee. Atti del Congresso Internazionale di Lignano (UD). Patron Editore, Padova.
- Schiechtl H.M., 1991. Bioingegneria forestale - Biotecnica naturalistica. Ed. Castaldi, Feltre (BL).
- Schiechtl H.M., 1996. I salici nell'uso pratico. Ed. ARCA, Gardolo (TN).
- Schiechtl H.M., R. Stern, 1992. Ingegneria naturalistica - Manuale delle opere in terra. Ed. Castaldi, Feltre (BL).
- Schiechtl H.M., R. Stern, 1994. Ingegneria Naturalistica. Manuale delle costruzioni idrauliche. Edizioni ARCA, Trento.
- Veneto Agricoltura, Consorzio di Bonifica Dese Sile, 2002. Fasce tampone boscate in ambiente agricolo, Veneto Agricoltura (ed.), Padova.
- Veneto Agricoltura, Consorzio di Bonifica Dese Sile, 2002. Fasce tampone boscate in ambiente agricolo. Manuale per l'azienda, Veneto Agricoltura (ed.), Padova.
- Zeh H., 1997. Tecniche di ingegneria naturalistica. Il Verde Editoriale, Varese.

#### **Bibliografia di riferimento Marche**

- AA.VV., 1997. Ingegneria Naturalistica. Atti del Convegno Pesaro, 7 aprile 1995. Provincia di Pesaro e Urbino, Pesaro.
- AA.VV., 1999. La civiltà del fiume verso l'Europa del 2000. Atti del Convegno. Provincia di Pesaro e Urbino. Assessorato Ambiente. Pesaro.
- AA.VV., 2003. Linee Guida e criteri per la progettazione delle opere di Ingegneria Naturalistica nelle Marche. Aipin Sezione Regionale Marche, Pesaro.
- AIPIN Marche, 2009. Estratto delle Linee Guida alla progettazione degli interventi di ingegneria naturalistica nelle Marche. ASSAM, Regione Marche.
- Bacci M., S. Bardi, A. Dignani (a cura di), 2000. Manuale di metodologie e tecniche a basso impatto in materia di difesa del suolo. Allegato di "Attenzione", n. 23. WWF Italia, Regione Marche.
- Biondi E., Baldoni M., 1995. A Possible method for geographic delimitation of phytoclimatic types: with application to the phytoclimate of the Marche region of Italy. Doc Phytosoc., XV: 14.
- Biondi E., Baldoni M., Talamonti M.C., 1995. Il fitoclimate delle Marche. Atti del convegno "Salvaguardia e gestione dei beni ambientali nelle Marche". Accademia di scienze, lettere ed arti, Ancona: 21-70.
- Comunità Montana Alta valle dell'Esino, 1985. Il Bosco nell'Appennino. Storia, ecologia, economia e conservazione del bosco appenninico. Atti del Convegno: Il Bosco nell'Appennino. Fabriano: dicembre 1985.
- Cornelini P., R. Ferrari, P. Giacchini, G. Sauli, 2001. La scuola del fare. Acer, 6: 63-65.
- Giacchini P., 2005. Gestione dei corsi d'acqua attraverso le tecniche di Ingegneria Naturalistica. Regioni e Ambiente n. 5: 30-32.
- Gruppo Interregionale R.A.I.N., 1995. Tecniche di Ingegneria Naturalistica, Video VHS durata 40'.
- Ipla, 2001. I tipi forestali delle Marche. Regione Marche, Assessorato Agricoltura e Foreste, Torino.
- Regione Marche, 2009. Aggiornamento del prezzo ufficiale della Regione Marche in materia di lavori pubblici. Deliberazione della G.R. n. 1108 del 06.07.2009. Supplemento n. 3 al B.U.R. n. 70 del 23/07/2009.
- Ubaldi D., 2003. La vegetazione Boschiva d'Italia. Manuale di Fitosociologia forestale. Bologna CLUEB.

### **Bibliografia Capitolo 3**

- Cazzuffi D., 1990. Geotessili e prodotti affini: funzioni e tipologie dei prodotti. Quaderni ALPCR, XXI Convegno Nazionale Stradale ALPCR, Trieste.
- Giroud J. P., 1986. From geotextiles to geosynthetics: a revolution in geotechnical engineering. Proceeding III International Conference on Geotextiles, Vienna.
- Koerner R. M., 1993. Name of the Society and Geosynthetics Terminology. IGS News Vol. 9 No. 2, July 1993.
- Repertorio Geosintetici 2000/2001. BE-MA Editrice Milano.
- Rimoldi P., 1988. Le applicazioni dei geosintetici nell'ingegneria civile. Proceedings of "Sep-Pollution" Symposium, Padova.
- Rimoldi P., Cazzuffi D., Jonescu A., Moraci N., 1993. Geosynthetics, please - not geoconfusion! IGS News Vol. 9, No. 1, March 1993.
- Rimoldi, P., Cazzuffi D., Jonescu A., Moraci N., 1993. Continuing to play the Geosynthetics Terminology game. IGS News, Vol. 9 No. 2, July 1993.

#### *Siti consultati*

- <http://www.tessilverneta.it>  
<http://www.formatsrl.it>  
<http://www.barbiflex.it>  
<http://www.maccafferri.com>  
<http://www.edilfloor.com>  
<http://www.technica.net>  
<http://www.tenax.net>  
<http://www.geosintetici.com>

### **Bibliografia capitolo 6**

- Biondi E., Baldoni M., 1995. A Possible method for geographic delimitation of phytoclimatic types: with application to the phytoclimate of the Marche region of Italy. Doc Phytosoc., XV: 14-28.
- Biondi E., Baldoni M., Talamonti M.C. 1995. Il fitoclima delle Marche. Atti del convegno "Salvaguardia e gestione dei beni ambientali nelle Marche". Accademia di scienze, lettere ed arti, Ancona: 21-70.
- Biondi E., Baldoni M., 1996. Natura e ambiente nella Provincia di Ancona. Guida alla conoscenza e alla conservazione del territorio. Provincia di Ancona. Assessorato alla tutela dell'ambiente.
- Ubaldi D., 2003. La vegetazione Boschiva d'Italia. Manuale di Fitosociologia forestale. Bologna CLUEB.
- Comunità Montana Alta valle dell'Esino, 1985. Il Bosco nell'Appennino. Storia, ecologia, economia e conservazione del bosco appenninico. Atti del Convegno: Il Bosco nell'Appennino. Fabriano: dicembre 1985.
- Ipla, 2001. I tipi forestali delle Marche. Regione Marche, Assessorato Agricoltura e Foreste, Torino.

### **Bibliografia capitolo 7**

- Cornelini P., Crivelli C, Palmeri F., Sauli G., 2001. La sistemazione idraulica del rio Inferno (FR). *Acer*, 2.
- Florineth F., 1999. Analisi del limite. *Acer*, 4.
- Gertsgraser C., 1999. Wirksamkeit ingenieurbioologischer Bauweisen an Fließgewässern. Atti Convegno EFIB: 39-46, Trieste.
- Palmeri F., Calò P., 1996. Influenza della vegetazione sul deflusso. Atti del Convegno AIPIN "Sistemazioni idrauliche con metodi naturalistici", Bologna 1996.
- Regione Marche, 1991. L'Ambiente Fisico delle Marche, Geologia-Geomorfologia-Idrogeologia. Regione Marche, Assessorato Urbanistica - Ambiente.
- Sauli G., P. Cornelini, F. Preti (a cura di), Manuale di Ingegneria Naturalistica. Vol. 1 - Sistemazioni idrauliche, Regione Lazio (ed.), Roma 2002.

**Bibliografia capitolo 8**

Regione Marche – Giunta Regionale, Assessorato Urbanistica – Ambiente. L'ambiente fisico delle Marche. Geologia – geomorfologia – idrogeologia.  
 Giuseppe Benini. Sistemazioni idraulico – forestali. CLEUP Ed.  
 Alessandro Perago. Erosione e dissesto idrogeologico. Ambiente e territorio. Maggioli Ed.  
 Pietro Colombo. Elementi di geotecnica. Zanichelli Ed.  
 Leonardo Lancellotta. Geotecnica. Zanichelli Ed.

**Bibliografia capitolo 9***Riferimenti normativi*

- L. R. 1 dicembre 1997, n. 71 - "Norme per la disciplina delle attività estrattive" pubblicata sul BUR 9 dicembre 1997, n. 90.
- Piano Regionale Attività Estrattive approvato con Deliberazione Amministrativa del Consiglio Regionale n. 66 Del 9 Aprile 2002 e pubblicato sul BUR supplemento del 16 luglio 2002, n. 18.
- Piano Provinciale Attività Estrattive Provincia di Ancona approvato con Delibera del Consiglio Provinciale n. 14 del 13.04.2005.
- Piano Provinciale Attività Estrattive Provincia di Pesaro approvato con Delibera del Consiglio Provinciale n. 109 del 20.10.2003 così come modificato con Delibera del Consiglio Provinciale n. 19 del 22.03.2004.

*Riferimenti bibliografici*

- Piano Regionale Attività Estrattive approvato con Deliberazione Amministrativa del Consiglio Regionale n. 66 Del 9 Aprile 2002 e pubblicato sul BUR supplemento del 16 luglio 2002, n. 18.
- Piano Provinciale Attività Estrattive Provincia di Pesaro e Urbino approvato con Delibera del Consiglio Provinciale n. 109 del 20.10.2003 così come modificato con Delibera del Consiglio Provinciale n. 19 del 22.03.2004.

**Bibliografia capitolo 11**

Agostoni F., C.M. Marinoni, 1987. Manuale di progettazione di spazi verdi, Zanichelli, Bologna.  
 Autorità di Bacino del Fiume Po, Deliberazione 11 maggio 1999 n. 1, Adozione del Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (S.O. n. 142 alla G.U. n. 175 del 28 luglio 1999).  
 Barocchi R., 2002. Manualetto di progettazione rispettosa del paesaggio ad uso dei professionisti e delle commissioni edilizie integrate, ISPAR (Istituto per lo studio del paesaggio e dell'architettura rurale) - Edizioni della Laguna, Mariano del Friuli (GO).  
 Cornelini P., 2002. Criteri e tecniche per la manutenzione del territorio ai fini della prevenzione del rischio idrogeologico, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio.  
 Cornelini P., E. Guidi, G. Sauli, 2006. Ingegneria naturalistica. Schede di monitoraggio - I casi esemplari. ACER n. 1/2006, pp. 69-73.  
 Decreto del Presidente della Repubblica 14 aprile 1993, Atto di indirizzo e coordinamento alle regioni recante criteri e modalità per la redazione dei programmi di manutenzione idraulica e forestale (G.U. n. 91 del 20 aprile 1993).  
 Doronzo G., 2003. Manutenzione programmata: monitoraggio delle tecniche di ingegneria naturalistica nel Parco Nazionale del Vesuvio, in Rosso Roberto (ed.), Ingegneria naturalistica: dal progetto ai risultati, CUSL Editore, Milano.  
 Doronzo G., M. Roca, E. De Falco, 2005. Ingegneria naturalistica. Manutenzione programmata delle aste fluviali – Sotto controllo. ACER n. 6/2005, pp. 66-69.  
 Marsocci L., 2000. Il manuale d'uso e conduzione. Linee guida per la compilazione, Edizione DEI, Roma.  
 Marsocci L., 2000. Il manuale di manutenzione. Linee guida per la compilazione, Edizione DEI, Roma.  
 Marsocci L., 2000. Il programma di manutenzione. Linee guida per la compilazione, Edizione DEI, Roma.  
 Papaccio S., G. Doronzo, 2002. Opere a verde di ingegneria naturalistica: il piano di manutenzione, in Atti del Convegno "L'ingegneria naturalistica nel quadro di attuazione del P.O.R. Campania", Regione Campania (ed.), Napoli, pp. 169-179.  
 Provincia Autonoma di Bolzano-Alto Adige, 2002. Linee guida natura e paesaggio in Alto Adige, Provincia Autonoma di Bolzano-Alto Adige - Ripartizione Natura e Paesaggio (ed.), Bolzano.

- Provincia di Modena, 2002. Manuale di buona pratica agricola e di uso del suolo del territorio collinare e montano, Collana Quaderni di Documentazione Ambientale n. 15, Provincia di Modena - Area Ambiente e Difesa del Suolo (ed.), Modena.
- Provincia di Modena, 2002. Manuale di buona pratica agricola e di uso del suolo del territorio collinare e montano. Appendice - Stralcio di norme mirate alla disciplina d'uso del suolo derivanti da piani, da leggi o altri provvedimenti di settore, Provincia di Modena - Area Ambiente e Difesa del Suolo (ed.), Modena.
- Regione Piemonte, 2002. Criteri e indirizzi per la tutela del paesaggio, Regione Piemonte - Assessorato ai Beni Ambientali (ed.), Torino.
- Regione Toscana, ARSIA Toscana, 2004. Interventi di Ingegneria Naturalistica in Toscana. Prime esperienze di monitoraggio, in Atti del Convegno "L'Ingegneria Naturalistica in ambiente mediterraneo", Pisa 22 aprile 2004.
- Robinson N., 1992. The planting design handbook, Gower Ed., Aldershot.

**SINTESI DI ALCUNI INTERVENTI  
DI INGEGNERIA NATURALISTICA  
REALIZZATI IN PREVALENZA A TITOLO  
SPERIMENTALE NELLA PROVINCIA  
DI PESARO E URBINO**

(foto di Paolo Giacchini)

IN COLLABORAZIONE CON



**ASSOCIAZIONE  
ITALIANA  
PER LA  
INGEGNERIA  
NATURALISTICA**

**AIPIN Marche - Sezione Regionale**  
(Associazione Italiana per l'Ingegneria Naturalistica)

**Consolidamento con palificata spondale dell'argine destro del rio Maggio  
in località Belforte all'Isauro (PU)**

*Committente: Consorzio di Bonifica dei fiumi Cesano, Foglia e Metauro (2000)*



Foto 1 – Palificata spondale (aprile 2000).



Foto 2 – Palificata spondale a sei anni dall'intervento (giugno 2006).



Foto 3 – Particolare della palificata spondale con lo sviluppo delle talee di salici a tre anni dall'intervento (aprile 2003).



Foto 4 – Particolare della palificata spondale con lo sviluppo delle talee di salici a sei anni dall'intervento (giugno 2006).

**Sistemazione di un movimento franoso con tecniche di ingegneria naturalistica lungo la strada provinciale Tarugo (Cagli - PU)**  
*Committente: Provincia di Pesaro e Urbino - L'Università nel Bosco*  
*Corso di "Tecniche di Ingegneria Naturalistica" (2001)*



Fig. 1 – Dissesto lungo la strada provinciale Tarugo (giugno 2001).



Fig. 2 – Realizzazione di grata viva con posa dei pali verticali su fondazione (luglio 2001).



Fig. 3 – Grata viva con messa a dimora di piante arbustive autoctone in fitocella, e rete metallica zincata a doppia torsione in testa (luglio 2001).



Fig. 4 – Sistemazione di rete metallica zincata a doppia torsione su testa della scarpata (luglio 2001).



Fig. 5 – Grata viva dopo tre stagioni vegetative (settembre 2004).



Fig. 6 – Grata viva con arbusti autoctoni dopo 5 stagioni vegetative (giugno 2006).

**Sistemazione di un movimento franoso con palificata doppia di versante  
lungo la strada provinciale Pietrarubbia-Carpegna (PU)**

*Committente: Corso FSE Provincia di Pesaro e Urbino – Hystrix srl  
"Tecnico dissesto idrogeologico (Ingegneria Naturalistica)" (2004)*



Foto 1 – Area di intervento (febbraio 2004).



Foto 2 – Pulitura dell'area di intervento e operazioni di scavo (marzo 2004).



Foto 3 – Palificata doppia a fine intervento (marzo 2004).



Foto 4 – Palificata doppia a fine intervento (marzo 2004).



Foto 5 – Palificata doppia nella prima stagione vegetativa (luglio 2004).



Foto 6 – Palificata doppia (maggio 2009).

**Sistemazione con palificata spondale dell'argine sinistro del fiume  
Candigliano in località S. Vincenzo al Furlo (PU)**  
*Committente: Provincia di Pesaro e Urbino - L'Università nel Bosco  
Corso di "Tecniche di Ingegneria Naturalistica" (2004)*



Foto 1 – Area di intervento (inverno 2003) a valle di una palificata spondale realizzata nel 2002.



Foto 2 – Sistemazione dell'area di intervento con scavo (luglio 2004).



Foto 3 – Palificata spondale: scavo e posa dei primi pali (luglio 2004).



Foto 4 – Palificata spondale: stesura della rete e primo ordine di tronchi (luglio 2004).



Foto 5 – Palificata spondale: ricopratura del primo ordine di tronchi e taglio delle talee di salice (luglio 2004).



Foto 6 – Palificata spondale: secondo ordine di tronchi con sistemazione delle talee (luglio 2004).



Foto 7 – Palificata spondale: riempimento e intasamento con fascine vive (luglio 2004).



Foto 8 - Palificata spondale: riempimento con materiale inerte, terroso e chiusura della rete metallica (luglio 2004).



Foto 9 – Palificata spondale a fine esecuzione (luglio 2004).

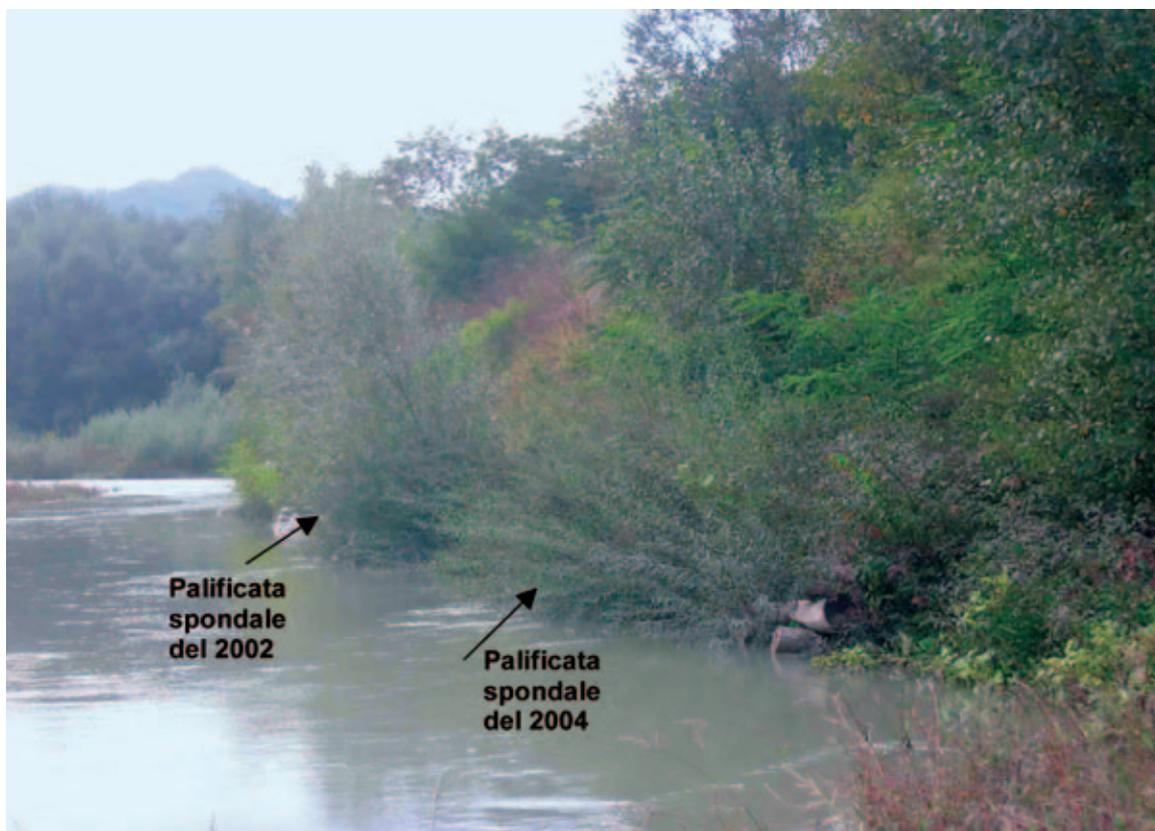


Foto 10 – Palificate spondali in diverse epoche di esecuzione (ottobre 2005).

**Sistemazione di un movimento franoso con tecniche di Ingegneria Naturalistica lungo una strada forestale nella Riserva Naturale Statale della Gola del Furlo (PU)**  
*Committente: AIPIN MARCHE, Provincia di Pesaro e Urbino – Cantiere didattico (2005)*



Foto 1 – Area di intervento.



Foto 2 - Opera di scavo (ottobre 2005).



Foto 3 – Realizzazione della grata viva: sistemazione dei pali verticali (ottobre 2005).



Foto 4 – Realizzazione della grata viva: riempimento con terra (ottobre 2005).



Foto 5 – Realizzazione della grata viva: messa a dimora di arbusti autoctoni (ottobre 2005).



Foto 6 – Completamento dell'intervento con rete zincata a doppia torsione (ottobre 2005).



Foto 7 – Grata viva a fine esecuzione (ottobre 2005).



Foto 8 – Grata viva dopo 4 stagioni vegetative (giugno 2009).

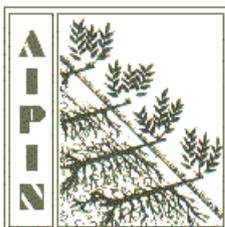
**Realizzazione di una terra armata al piede di una nuova vasca per i rifiuti  
della discarica di Cagli loc. Ca' Guglielmo (PU)**  
*Committente: Natura (Cagli - Pu) (2005)*



Foto 1 e 2 – Due fasi della preparazione di un nuovo lotto di abbancamento con la realizzazione di un piede in terra armata (foto Francesco Giambartolomei).

## AIPIN SEZIONE MARCHE

Via Indipendenza 47 – 61032 – Fano (PU)  
Tel e fax 0721/860724 – [www.aipinmarche.it](http://www.aipinmarche.it)  
[aipinmarche@aipinmarche.it](mailto:aipinmarche@aipinmarche.it)



**ASSOCIAZIONE  
ITALIANA  
PER LA  
INGEGNERIA  
NATURALISTICA**

*Sede: Via Indipendenza, 47  
61032 Fano (PU)  
Tel. 0721862589 Fax 0721860724  
e-mail: [aipinmarche@aipinmarche.it](mailto:aipinmarche@aipinmarche.it)*



## Sezione Marche

<a href="#">home</a>	<a href="#">contatti</a>	<a href="#">link</a>	<a href="#">info</a>	<a href="#">repertorio</a>	<a href="#">Aipin.it</a>	<a href="#">appuntamento</a>	<a href="#">new</a>
----------------------	--------------------------	----------------------	----------------------	----------------------------	--------------------------	------------------------------	---------------------



L'A.I.P.I.N. fondata nel 1989 a Trieste, si rivolge ai tecnici di varia estrazione, liberi professionisti e funzionari pubblici (agronomi, architetti, biologi, forestali, geologi, ingegneri, naturalisti ed altri) nonché alle società commerciali, studi di progettazione ed alle imprese che eseguono interventi di costruzione del "verde". Si propone, inoltre, come momento associativo a carattere culturale, senza fini di lucro, per la promozione di attività divulgative ed informative sulle tecniche di Ingegneria Naturalistica, mediante congressi, escursioni tecniche guidate, corsi di formazione, cantieri didattici, pubblicazione di articoli tecnici.



[Convegno 1 febbraio Ancona](#)

[Documenti](#)

[Iniziativa Scuole](#)

[Alberi&Dintorni  
29 30 ottobre Rimini](#)

[Sos Dune 23 Ottobre Roma](#)

[Convegno 1-2 Ottobre Roma](#)

[Università nel bosco 2009](#)

[Nuova Pubblicazione](#)

[AIPIN su Facebook](#)

[Attività Aipin Marche  
2004-2009](#)

[Siamo sul Tg3 Marche](#)

[Acer](#)

[L'INGEGNERIA NATURALISTICA](#)

[L'AIPIN](#)

[COME ADERIRE](#)

[ASSEMBL. COSTITUENTE MARCHE](#)

[REGOLAMENTO SEZIONE MARCHE](#)

[LINEE GUIDA](#)

[PREZZARIO REGIONE MARCHE](#)

[DOCUMENTI](#)

[CORSI E CONVEGNI](#)

[MANUALI LIBRI](#)

[ESCURSIONI TECNICHE](#)

[IMMAGINI](#)

[BIBLIOGRAFIA](#)

[LINK UTILI](#)



[Inserisci questo sito tra i preferiti!](#)



[Contattaci](#)

Il sito è ottimizzato per una risoluzione di 1024X768 pixel  
Copyright, 2003 - Sito ideato e curato da Memè Mario  
[webmaster@mariomeme.it](mailto:webmaster@mariomeme.it)

## ASSOCIAZIONE ITALIANA PER L'INGEGNERIA NATURALISTICA (AIPIN)

Via del Monte, 2  
34121 Trieste  
Tel e fax 040/7600254  
[www.aipin.it](http://www.aipin.it)  
[aipin@aipin.it](mailto:aipin@aipin.it)



[LOGIN](#) | [REDAZIONE](#) | [CONTATTO](#)

<a href="#">&gt; HOME</a>	<a href="#">L'ASSOCIAZIONE</a>	<a href="#">CASISTICA</a>
<a href="#">SOCI</a>	<a href="#">NORMATIVA</a>	<a href="#">EVENTI</a>
<a href="#">PUBBLICAZIONI</a>	<a href="#">DOWNLOADS</a>	<a href="#">LINKS</a>
<a href="#">SNIN</a>	<a href="#">RIVISTA ACER</a>	<a href="#">FORUM</a>

### QUOTE ASSOCIATIVE 2010

L'Assemblea Generale AIPIN di venerdì 27.03.09 ha stabilito le seguenti quote associative per il 2010

**€ 95,00.=** Socio aderente/effettivo compreso abbonamento annuale alla rivista ACER

**€ 65,00.=** Socio aderente/effettivo

**€ 25,00.=** Socio studente/under 30

**€ 500,00.=** Socio ente compreso abbonamento annuale alla rivista ACER

**€ 125,00.=** Ordini e Associazioni professionali compreso abbonamento annuale alla rivista ACER (1/4 quota soci enti)

Il Versamento intestato a AIPIN può essere effettuato su CC bancario IBAN: IT81 V063 4002 2170 00000346141 o su CC postale IBAN: IT19 M076 0102 2000 00012214342

### Benvenuti!

L'AIPIN è un' associazione tecnico-scientifica con finalità culturali e professionali senza fini di lucro fondata nel 1989 con lo scopo di divulgare i metodi e le tecniche dell'ingegneria naturalistica.

Si intende per ingegneria naturalistica la disciplina trasversale che promuove l'impiego delle piante autoctone in abbinamento con materiali inerti a fini antierosivi, stabilizzanti e di consolidamento (vedi anche  le definizioni e finalità dell'ingegneria naturalistica).



L'associazione è aperta a quanti funzionari, liberi professionisti, universitari, si occupano a titolo professionale di ingegneria naturalistica indipendentemente dalla disciplina di provenienza.

L'AIPIN ha come finalità la diffusione a tutti i livelli tecnico-scientifici, la sperimentazione e l'applicazione, la ricerca e il monitoraggio delle tecniche e dei metodi dell'ingegneria naturalistica mediante l'organizzazione di corsi, convegni, cantieri scuola, escursioni tecniche, collegamenti internazionali con associazioni analoghe tramite la Federazione Europea per l'Ingegneria Naturalistica (EFIB).

L'AIPIN fa parte del Coordinamento Associazioni Tecnico - Scientifiche Ambiente e Paesaggio (CATAP) e del Coordinamento Libere Associazioni Professionali (CoLAP)

Il Presidente

Dr. Giuliano Sauli

(c) AIPIN | Impressum

## REPERTORIO SOCI

Nel repertorio soci si possono trovare le indicazioni dei soci (nazionali e regionali) che hanno inviato il proprio curriculum, con il proprio profilo tecnico-professionale, ed un recapito, dando così la possibilità di un contatto diretto.

In base ai diversi percorsi, le categorie dei soci sono così suddivise:

- ∞ Soci esperti
- ∞ Soci docenti esperti
- ∞ Soci enti esperti
- ∞ Soci enti
- ∞ Soci ordini professionali
- ∞ Soci onorari
- ∞ Soci effettivi
- ∞ Soci aderenti

L'ASSAM ha avviato un progetto che intende incentivare la produzione di piante certificate all'origine per migliorare molti interventi forestali, qualunque sia la loro finalità. I destinatari sono le Province, i Comuni, le Comunità Montane, gli enti locali in generale, le associazioni di professionisti, gli istituti di ricerca, le cooperative forestali, le ditte private che eseguono interventi di ingegneria naturalistica e manutenzione a livello locale.

La disponibilità di specie arbustive ed arboree autoctone per gli interventi di miglioramento ambientale e di ingegneria naturalistica nelle Marche è la seguente:

N.	Nome comune	Specie
1	<b>Acero comune</b>	<i>Acer campestre</i>
2	<b>Acero d'Ungheria</b>	<i>Acer obtusatum</i>
3	<b>Acero di monte</b>	<i>Acer pseudoplatanus</i>
4	<b>Corbezzolo</b>	<i>Arbutus unedo</i>
5	<b>Carpino bianco</b>	<i>Carpinus betulus</i>
6	<b>Carpinella</b>	<i>Carpinus orientalis</i>
7	<b>Cisto</b>	<i>Cistus incanus</i>
8	<b>Ginestra dei carbonai</b>	<i>Cytisus scoparius</i>
9	<b>Vescicaria</b>	<i>Colutea arborescens</i>
10	<b>Corniolo</b>	<i>Cornus mas</i>
11	<b>Sanguinella</b>	<i>Cornus sanguinea</i>
12	<b>Coronilla</b>	<i>Coronilla emerus</i>
13	<b>Coronilla valentina</b>	<i>Coronilla valentina</i>
14	<b>Scotano</b>	<i>Cotinus coggygria</i>
15	<b>Biancospino comune</b>	<i>Crataegus monogyna</i>
16	<b>Biancospino selvatico</b>	<i>Crataegus oxyacantha</i>
17	<b>Berretta del prete</b>	<i>Euonimus europeus</i>
18	<b>Frassino maggiore</b>	<i>Fraxinus excelsior</i>
19	<b>Orniello</b>	<i>Fraxinus ornus</i>
20	<b>Elicriso</b>	<i>Helycrisum italicum</i>
21	<b>Maggiociondolo</b>	<i>Laburnum anagyroides</i>
22	<b>Ligustro</b>	<i>Ligustrum vulgare</i>
23	<b>Caprifoglio etrusco</b>	<i>Lonicera etrusca</i>
24	<b>Caprifoglio peloso</b>	<i>Lonicera xylosteum</i>
25	<b>Melo</b>	<i>Malus communis</i>
26	<b>Carpino nero</b>	<i>Ostrya carpinifolia</i>
27	<b>Pino mugo</b>	<i>Pinus mugo</i>
28	<b>Lentisco</b>	<i>Pistacia lentiscus</i>
29	<b>Terebinto</b>	<i>Pistacia terebinthus</i>

30	<b>Prugnolo</b>	<i>Prunus spinosa</i>
31	<b>Agazzino</b>	<i>Pyracantha coccinea</i>
32	<b>Pero selvatico</b>	<i>Pyrus piraster</i>
33	<b>Leccio</b>	<i>Quercus ilex</i>
34	<b>Roverella</b>	<i>Quercus pubescens</i>
35	<b>Farnia</b>	<i>Quercus robur</i>
36	<b>Alaterno</b>	<i>Rhamnus alaternus</i>
37	<b>Ramno alpino</b>	<i>Rhamnus alpina</i>
38	<b>Ribes multifloro</b>	<i>Ribes multiflorum</i>
39	<b>Rosa selvatica</b>	<i>Rosa canina</i>
40	<b>Rosa di San Giovanni</b>	<i>Rosa sempervirens</i>
41	<b>Sorbo montano</b>	<i>Sorbus aria</i>
42	<b>Sorbo degli uccellatori</b>	<i>Sorbus aucuparia</i>
43	<b>Sorbo domestico</b>	<i>Sorbus domestica</i>
44	<b>Ciavardello</b>	<i>Sorbus torminalis</i>
45	<b>Ginestra di Spagna</b>	<i>Spartium junceum</i>
46	<b>Lantana</b>	<i>Viburnum lantana</i>
47	<b>Viburno-tino</b>	<i>Viburnum tinus</i>

Per informazioni

ASSAM (Agenzia Servizi Settore Agroalimentare delle Marche)  
via Alpi 21  
60131 - Ancona  
tel. 071/8081 (referente dott.ssa Lorella Brandoni)  
[www.assam.marche.it](http://www.assam.marche.it)