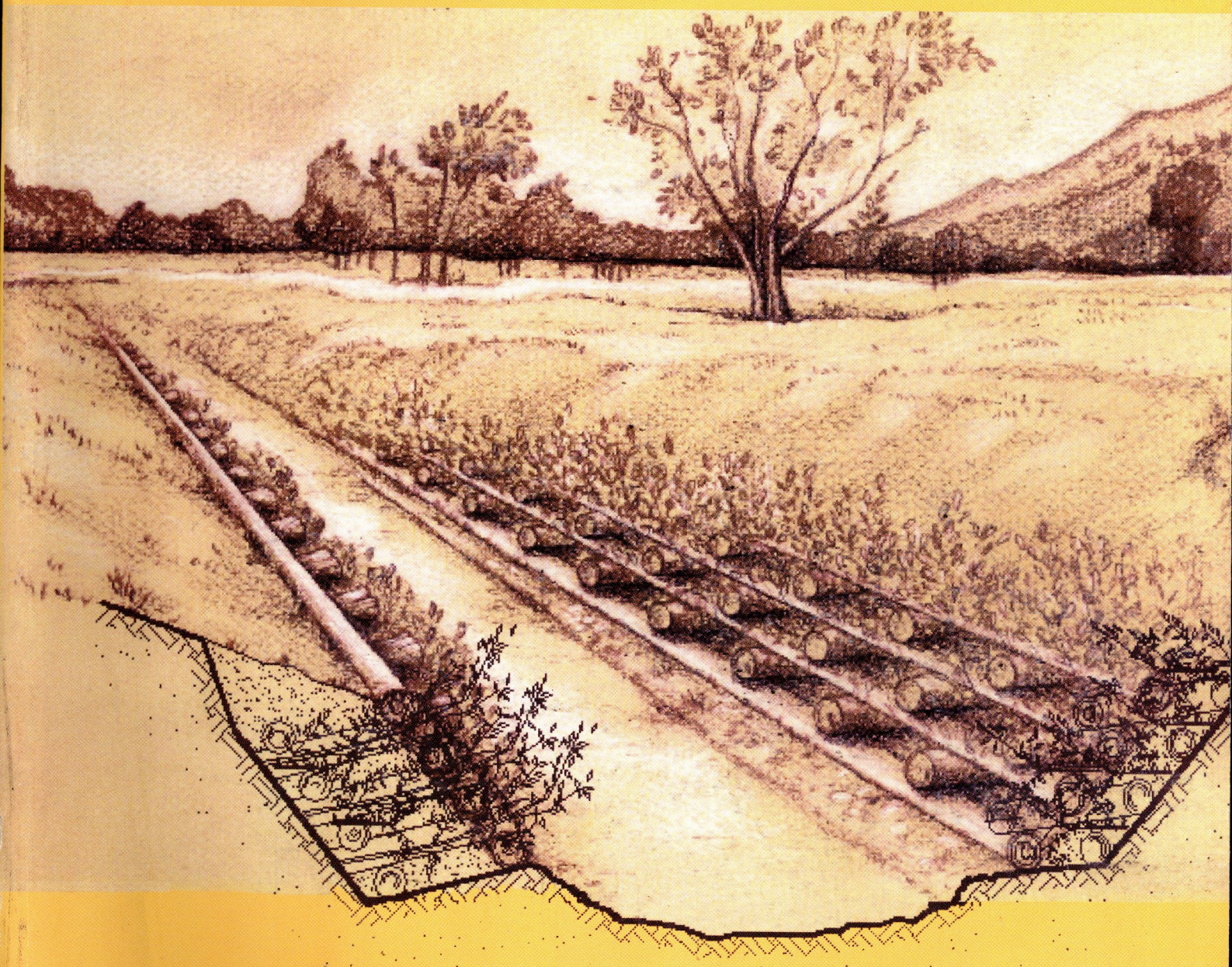
Regione Lazio
Assessorato per l'Ambiente
Dipartimento Ambiente e Protezione Civile



Manuale di Ingegneria Naturalistica

Applicabile al settore idraulico

A cura di:
REGIONE LAZIO
Assessorato all'Ambiente: *Assessore Marco Verzaschi*
Dipartimento Ambiente e Protezione Civile: *Il direttore Raniero De Filippis*
Supervisione tecnico-operativa: *R. Besson, S. De Bartoli, G. Falco, F. Gubernale*

Coordinamento Tecnico scientifico e Patrocinio:
AIPIN - Associazione Italiana Per l'Ingegneria Naturalistica

Redazione:
NATURSTUDIO P. S.c.r.l. - Trieste
Università della Tuscia - Viterbo
(CONVENZIONE del 18.6.1999 tra Regione Lazio,
la Naturstudio P.S.c.r.l. e l'Università della Tuscia
per lo studio "Ingegneria Naturalistica:
applicazione di tecniche di intervento a basso
impatto ambientale nei programmi della Regione Lazio"

Autori:
G. SAULI - *Dottore Naturalista - Presidente Nazionale AIPIN*
P. CORNELINI - *Ingegnere e Dottore Naturalista - Presidente AIPIN Sez. Lazio*
F. PRETI - *Ingegnere Civile Docente di Sistemazioni Idraulico-Forestali - Università della Tuscia*

"Il gruppo di lavoro sul monitoraggio costituito da T. Falessi, P. Gaglioppa, A. Marazzi, C. Milanese, E. Missori, P. Prosperi, G. Puddu è stato coordinato da Federico Preti dell'Università della Tuscia con la collaborazione di Paolo Cornelini e Roberto Ferrari dell'AIPIN"

Collaboratori:
C. LOSS - *Dottore Naturalista Naturstudio P.S.c.r.l. - Socio esperto AIPIN*
R. FERRARI - *Socio esperto AIPIN*
F. PALMERI - *Dottore Forestale - Presidente AIPIN Sez. Bolzano-Alto Adige*

Grafica:
L. COCIANCICH **- Geometra Naturstudio P.S.c.r.l.**
O. IACOANGELI - Dottore Geologo

Contributi specialistici:
P. PETRELLA **- Dottore Naturalista**
G. BOVINA **- Dottore Geologo**
M. AMODIO **- Dottore Geologo**
D. DALLARI **- Dottore Forestale**
P. LARANCI **- Dottore Forestale**
M. COMEDINI **- Dottore Geologo** *- Socio esperto AIPIN*

Si ringrazia:
Prof. F:Florineth per la revisione del capitolo sulle tecniche di Ingegneria Naturalistica
Prof. L. FILESI per la revisione del capitolo sulla vegetazione del Lazio
A. MARAZZI e P. PROSPERI per la fornitura di materiale fotografico

REGIONE
LAZIO

Realizzazione grafica
SDOMATT

Novembre 2003
Tiratura copie 1000 - Distribuzione gratuita

Edizione speciale a cura del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio

Progetto operativo Difesa suolo PON-ATAS 2000-2006

PARTE I - GENERALE

CAPITOLO 1

INTRODUZIONE

G. Sauli

Viene qui presentato il primo volume del Manuale di ingegneria naturalistica della Regione Lazio dedicato alle tecniche applicabili nel settore delle sistemazioni idrauliche. E' in preparazione il secondo volume dedicato alle tecniche di ingegneria naturalistica applicabili ai settori delle scarpate stradali e ferroviarie, cave e discariche, ambiti costieri. Il lavoro si concluderà con il terzo volume sui versanti franosi.

Il presente lavoro è frutto della attività e collaborazione di molte persone (vedi seconda pagina di copertina) che hanno operato per anni nel settore della progettazione, realizzazione e divulgazione delle tecniche di ingegneria naturalistica (I.N.) sotto l'egida della Associazione Italiana per l'Ingegneria Naturalistica (A.I.P.I.N.). Tale attività ha trovato fertile supporto e stimolo nella Regione Lazio da tempo interessata all'applicazione e diffusione nel proprio ambito territoriale di queste tecniche. La sinergia Regione Lazio – AIPIN ha prodotto negli ultimi anni una serie di iniziative tra cui convegni, commissioni tecniche, seminari e video sul tema specifico, ma anche progettazione ed espletamento di una ventina di cantieri pilota a cui stanno facendo seguito numerosi altri nei settori delle sistemazioni idrauliche e difesa del suolo.

Da qui l'esigenza e la richiesta da parte dei progettisti e professionisti settore di disporre di una documentazione tecnica specifica sull'ingegneria naturalistica, ma anche di strumenti quali elenco e analisi prezzi, voci di capitolato, modalità di progettazione, dati sulla geologia e botanica del Lazio, risultanze del monitoraggio di questa prima serie di interventi, ecc..

Tutto questo si è cercato di far confluire nel presente manuale che propone 40 tecniche di I.N. applicabili in ambito idraulico nel Lazio e che hanno però validità nazionale data la ricchezza e diversità di ambienti di questa regione che ha richiesto la rivisitazione di quasi tutta la casistica nazionale sul tema.

Il volume è organizzato in quattro parti e tre appendici (vedi indice).
La Parte I – Generale affronta definizioni e metodi dell'I.N., la cronistoria europea e nazionale dell'argomento, gli aspetti normativi e deontologici, i lineamenti sulla geologia e botanica del Lazio, i criteri idraulici applicati alle tecniche naturalistiche.

La Parte II – Specialistica contiene le schede descrittive di 40 tecniche di I.N. utilizzabili nelle sistemazioni idrauliche. Le schede contengono descrizioni, dati, elementi progettuali, schemi tecnici e documentazione fotografica su casistica nazionale e del Lazio. Le voci di elenco ed analisi prezzi relative alle singole tecniche sono contenute nell' Appendice A e sono riferite alle 5 province del Lazio.

La Parte III – Progettazione contiene gli elementi della progettazione delle sistemazioni idrauliche finalizzate all'applicazione delle tecniche di I.N. normalmente non considerati nei progetti tradizionali, quali: le analisi botaniche, la selezione delle tecniche su base idraulica e naturalistica, la valutazione della qualità ambientale di un corso d'acqua, le caratteristiche biotecniche delle piante. Viene fornita una serie di schede tipo di documentazione e di allegati progettuali nelle varie fasi di progettazione.

La Parte IV – Monitoraggi riporta i metodi, le schede tipo e le prime risultanze del monitoraggio ante operam e in opera di 15 cantieri campione selezionati in modo da coprire il maggior numero possibile di esempi di applicazione di tecniche di I.N. nel settore delle sistemazioni idrauliche nel Lazio.

La Bibliografia è stata raccolta nell'Appendice C, divisa per capitoli. Le citazioni nel testo sono state ridotte all'essenziale per non appesantire troppo la lettura salvo dove si siano utilizzate integralmente parti estratte da altri Autori. In particolare nelle schede tecniche non sono state riportate citazioni mentre le fonti consultate sono rubricate nella bibliografia specifica.

Nella compilazione delle schede tecniche si è tenuto conto delle peculiarità morfologiche e ambientali del Lazio, nonché di alcune particolarità sia relative ai materiali (ad esempio l'uso prevalente del castagno quale legname al posto del larice o di altre resinose usate nell'Italia settentrionale), sia di tipo operativo (ad esempio è quasi introvabile il "ragno meccanico" comunemente usato nelle zone alpine), sia relative a tecniche di uso tradizionale locale (ad esempio la palificata reatina).

Data la molteplicità dei fattori biotici ed abiotici di cui si deve tener conto in una progettazione di I.N., i dati, le schede tecniche e di analisi, le descrizioni ed in genere tutti gli elementi forniti dal manuale sono comunque da ritenersi indicative e devono essere modificate ed adattate ad ogni singolo progetto in quanto sono derivati da esperienze maturate nelle condizioni ambientali ed operative più disparate.

CAPITOLO 2

PRINCIPI E DEFINIZIONI

L'ingegneria naturalistica è una disciplina tecnica che utilizza le piante vive negli interventi antierosivi e di consolidamento in genere in abbinamento con altri materiali (paglia, legno, pietrame, reti metalliche, biostuoie, geotessuti, ecc.).

I campi di applicazione sono vari e spaziano dai problemi classici di erosione dei versanti, delle frane, delle sistemazioni idrauliche in zona montana, a quelli del reinserimento ambientale delle infrastrutture viarie (scarpate stradali e ferroviarie), delle cave e discariche, delle sponde dei corsi d'acqua, dei consolidamenti costieri, a quelli dei semplici interventi di rinaturalizzazione e ricostruzione di elementi delle reti ecologiche.

Le finalità degli interventi di ingegneria naturalistica (I.N.) sono principalmente quattro :

- tecnico-funzionali, per esempio antierosive e di consolidamento di una sponda o di una scarpata stradale;
- naturalistiche, in quanto non semplice copertura a verde ma ricostruzione o innesco di ecosistemi paranaturali mediante impiego di specie autoctone;
- paesaggistiche, di "ricucitura" al paesaggio naturale circostante;
- economiche, in quanto strutture competitive e alternative ad opere tradizionali (ad esempio muri di controripa sostituiti da palificate vive).

Ciò che principalmente contraddistingue l'intervento di Ingegneria naturalistica da quello tradizionale è:

- 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 in funzione degli ammendanti e correttivi da impiegare;
- l'esame delle caratteristiche geologiche e geomorfologiche;
- le verifiche geotecniche e idrauliche ;
- la valutazione delle possibili interferenze reciproche con l'infrastruttura. Ad esempio per una strada: la presenza di sali antigelo, l'interferenza della vegetazione con la sagoma limite, il possibile indotto e/o interferenze faunistiche;

- la base conoscitiva, floristica e fitosociologica con particolare riferimento alle serie dinamiche degli ecosistemi interessati per l'efficace utilizzo delle caratteristiche biotiche di ogni singola specie;
- l'utilizzo degli inerti tradizionali ma anche di materiali di nuova concezione quali le stuoie e i geotessuti sintetici in abbinamento a piante o parti di esse;
- la selezione delle miscele di sementi delle specie erbacee in funzione dell'efficacia antierosiva, dei processi di organicazione dell'azoto, della progressiva sostituzione delle specie impiegate con le specie selvatiche circostanti;
- l'accurata selezione delle specie vegetali da impiegare con particolare riferimento a:, specie arbustive ed arboree da vivaio, talee, zolle erbose da trapianto, utilizzo di stoloni o rizomi. Vengono utilizzate le specie autoctone derivate da materiale di propagazione locale;
- l'abbinamento della funzione antierosiva con quella di reinserimento ambientale e naturalistico;
- il miglioramento nel tempo delle due funzioni sopra citate a seguito dello sviluppo delle parti epigee e ipogee delle piante impiegate, con il mascheramento delle componenti artificiali dell'opera.

Si tratta chiaramente di una nuova disciplina "trasversale" che fa capo a vari settori tecnico-scientifici di cui si utilizzano, a fini applicativi, dati sintetici di analisi e di calcolo.

Le tecniche di ingegneria naturalistica sinora applicate nel Centro Europa si possono distinguere (Schiechtl,1992 – A.A.V.V. 1997) nelle seguenti categorie di interventi:

1) **di rivestimento** o antierosivi (tutti i tipi di semina, stuoie, materassini seminati, ecc.);

2) **stabilizzanti** (messa a dimora di arbusti, talee, fascinate, gradonate, cordonate, viminate, ecc.);

3) **combinati di consolidamento** (palificate vive, muri, grate vive, muri a secco con talee, cuneo filtrante, gabbionate e materassi verdi, terre rinforzate, ecc.)

4) **particolari** (barriere antirumore e paramassi, opere frangivento, ecc.)

Si tratta dunque soprattutto di effettuare il consolidamento superficiale e profondo ed il contemporaneo reinserimento naturalistico di versanti franosi, sistemazioni montane nonché discarpate e superfici instabili abbinate alla realizzazione e gestione di infrastrutture (strade, ferrovie, cave, opere idrauliche, etc.), in base ad una esigenza di riqualificazione dell'ambiente ormai universalmente riconosciuta.

A livello nazionale vi è ormai un grosso fermento di acquisizione di strumenti tecnici e normativi nei settori della rinaturalizzazione e dell'ingegneria naturalistica, sia da parte dei professionisti, che dei pubblici funzionari, che delle imprese.

E' questo un settore ormai largamente affermato in Italia, sull'esempio del resto d' Europa dove la disciplina vanta ormai molti decenni di anzianità. La società tedesca (Gesellschaft für Ingenieurbiologie) opera dal 1980, ma interventi sistematici di Ingegneria naturalistica vennero iniziati in Austria, Germania e Svizzera già nel dopoguerra.

Il successo assunto recentemente in Italia dal settore è dovuto in generale ad una sensibilità generalizzata per i problemi ambientali ed è in particolare collegata all'affermarsi a tutti i livelli amministrativi delle procedure di Valutazione di Impatto Ambientale. Gli interventi di ingegneria naturalistica infatti rientrano nel filone degli interventi di mitigazione che fanno ormai parte integrante delle progettazioni infrastrutturali e del territorio. Semplificando al massimo infatti gli Studi di Impatto portano a due ricadute principali :

1) di tutela preventiva dei beni ambientali coinvolti dall'opera progettata, mediante selezione dell'alternativa di progetto a minore impatto;

2) di mitigazione e compensazione degli impatti residui inevitabilmente connessi con qualsiasi intervento sul territorio.

Questa seconda attività è per buona parte legata alla progettazione degli interventi di "ricucitura" del territorio attraversato, in particolare nei settori infrastrutturali e produttivi (strade, ferrovie, cave, discariche, ecc.) per i quali i metodi dell'Ingegneria naturalistica forniscono delle notevoli possibilità di abbinamento della funzione tecnica (consolidamento di scarpate) con quella naturalistica di ricostruzione del verde.

Si parla di verde, ma in realtà sarebbe più esatto parlare di ricostruzione di ecosistemi paranaturali riferiti agli stadi della serie dinamica naturale (potenziale) della vegetazione delle aree di intervento. In ciò l'ingegneria naturalistica si differenzia dalle normali pratiche di giardinaggio ornamentale o architettonico legate in genere alle zone urbanizzate.

La realtà territoriale italiana è talmente varia da consentire praticamente l'impiego di quasi tutte le tecniche citate. Ciò nonostante in sede progettuale ed esecutiva andrà effettuato un grosso sforzo di traduzione ed adattamento sia per quanto riguarda le specie da impiegare e gli ecosistemi di riferimento, sia di conseguenza per le tecniche ed i materiali. Questo sforzo di adattamento è stato fatto per le sistemazioni idrauliche nel Lazio sia utilizzando tecniche e specie di largo impiego centro-europeo, sia introducendo varianti specifiche regionali.

All’interno del filone dell’ingegneria naturalistica si delineano tre principali settori, spesso collegati in sede operativa (vedi anche definizione in estratto dal codice deontologico A.I.P.I.N. in Capitolo 6):

- la “rinaturazione” o “rinaturalizzazione” vera e propria cioè la ricostruzione di biotopi o ecosistemi paranaturali, non collegata ad interventi funzionali anche se talvolta realizzata quale opera “compensatoria” . Ad esempio la realizzazione di un biotopo umido o di un’area boscata realizzati in zona agricola nell’ambito del progetto di una nuova infrastrutture viaria;
- l’ingegneria naturalistica in senso stretto cioè la realizzazione di sistemi antierosivi, stabilizzanti o di consolidamento realizzati con piante vive abbinate ad altri materiali, talvolta alternativi ad opere cosiddette “in grigio” cioè realizzate in calcestruzzo;
- i provvedimenti per la fauna, e in particolare quelli per garantire la continuità degli habitat (rampe di risalita per pesci, sottopassi per anfibi, sottopassi e sovrappassi per ungulati ecc.).

CAPITOLO 3

CRONISTORIA DELL'INGEGNERIA NATURALISTICA

AIPIN

Nel 1951 viene scritto il primo libro dal titolo "Ingenieurbiologie" (Kruedener) inerente l'ingegneria naturalistica. Tuttavia numerose sono già le esperienze e le applicazioni in Centro Europa a partire dal 1948, grazie a vari autori, in particolare l'austriaco H. M. Schiechtl.

Dal 1970 si assiste alla sistematica applicazione delle tecniche di I.N. nel Centro Europa in tutti i settori del territorio e infrastrutturali.

E' del 1973 la pubblicazione del primo manuale in tedesco "Sicherungsarbeiten im Landschaftsbau",di H. M. Schiechtl. Nello stesso anno il testo viene tradotto anche italiano, con il titolo "Bioingegneria forestale". Vari autori contemporaneamente pubblicano in Italia numerosi articoli inerenti lo stesso argomento (Dragogna, Watschinger, Schiechtl).

Nel 1972 viene fondata negli Stati Uniti la "National Erosion Control Association" trasformata subito dopo in "International" (IECA), associazione che raccoglie principalmente i produttori di materiali e tecnologie per la difesa dall'erosione.

Nel 1978 l'Azienda Speciale Bacini Montani dell'Alto Adige, grazie all'attività di F. Florineth avvia una serie di interventi sistematici di I.N. in zona montana e alpina. Tale attività dura tuttora.

Nel 1980 viene fondata in Germania la "Gesellschaft für Ingenieurbiologie", che sarà promotrice, a partire dal 1983, di numerosi congressi ed escursioni tecniche sull'I.N.

A partire dal 1984 inizia anche nel resto dell'Italia l'esecuzione di interventi in cave e strade (Sauli), in zona montana (Provincia Autonoma di Trento - Carbonari e Mezzanotte) e iniziano anche sistematiche pubblicazioni sul tema dell'I.N. (Florineth, Sauli, Kipar, AA. VV.)

Con il 1988 vengono emanati leggi e decreti sull'impatto ambientale con inserimento graduale in tutti i progetti di interventi con tecniche di I.N. ed espletamento di numerosi cantieri con tecnologie innovative (geotessili, terre rinforzate, biostuoie, ecc.), tuttavia non ancora considerabili veri e propri interventi di I.N.

Nel 1989 viene fondato in Svizzera il "Verein für Ingenieurbiologie".

Nel 1989 viene fondata anche in Italia la "Associazione Italiana Per la Ingegneria Naturalistica" (A.I.P.N.) con sede nazionale a Trieste.

A partire dal 1990 vengono pubblicati periodicamente articoli specifici sulla Rivista ACER.

Contemporaneamente compaiono i primi Capitolati su opere di I.N. (Regione Sicilia, Regione Basilicata, Provincia Autonoma di Bolzano,ecc).

Nel 1990 viene organizzato a Torino il Primo Congresso di Ingegneria Naturalistica, durante il quale viene definito il termine ufficiale di 'Ingegneria Naturalistica' quale traduzione del tedesco 'Ingenieurbiologie'. Venne abbandonata la dizione "Bioingegneria" usata sino a quel momento, per la possibile confusione con la bioingegneria medica.

Quali attività promosse dall'AIPIN dal 1990 si susseguono nel tempo numerosi Congressi Nazionali e Internazionali, Workshop, seminari ed escursioni tecniche guidate ad opere eseguite e cantieri. Vengono avviati i primi corsi con cantieri didattici teorico-pratico.

Vengono istituiti inoltre numerosi Comitati Tecnici AIPIN, quali: Glossario, Capitolato, Codice Deontologico, Interferenze Faunistiche, Geotecnica - Idraulica, Ecosistemi Filtro. Con il 1993 iniziano le attività dei Comitati Glossario e Capitolato dell'AIPIN, con la redazione dell'elenco preliminare delle principali tecniche di I.N. e l'unificazione della nomenclatura tecnica, quindi la redazione delle voci di capitolato corrispondenti per circa un centinaio di tecniche.

Tra il 1994 e il 1995 viene costituito il Gruppo Interregionale di Lavoro sui Recuperi Ambientali e l'Ingegneria naturalistica (RAIN) e realizzato il primo Video sulle tecniche di ingegneria naturalistica.

Iniziano frequenti collaborazioni con altre associazioni sia a livello Nazionale che Internazionale (SIGEA, WWF, AAA, FEDAP, AIAPP, AIVEP, IECA ecc.), e con Enti pubblici (Ministero dell'Ambiente, Regioni, Università, ecc.).

In gran parte delle Regioni italiane vengono aperte sezioni distaccate dell'AIPIN e organizzati numerosi corsi specifici in tema di idraulica, progettazione e realizzazione di opere di ingegneria naturalistica, di specializzazione sulla manutenzione in ambito fluviale (con esercitazioni pratiche). In tali sedi le basi teoriche dell'idraulica tradizionale (sezione di deflusso, portata, trasporto solido, scabrezza, tempi di corrivazione, ecc.) vengono confrontate con le possibili applicazioni dell'I.N. e il ruolo della vegetazione in alveo.

A partire dal 1990 anche la legislazione si adegua alla novità rappresentata dall'I.N. e nella Legge n° 102 del 2 maggio 1990 per la Valtellina all'art. 6 viene citato per la prima volta l'impiego delle tecniche di "bioingegneria". Dal 1994 iniziano ad essere approvate normative e direttive concernenti i criteri progettuali per l'attuazione degli interventi di difesa del suolo con tecniche di ingegneria naturalistica (Regione Emilia Romagna).

Già dal 1993 sono redatti i primi manuali tecnici di ingegneria naturalistica, frutto della collaborazione di numerosi professionisti e delle Regioni (Regione Emilia Romagna, Regione Veneto); il Ministero dell'Ambiente traduce e pubblica le schede tecniche del Cantone di Berna

("Opere di ingegneria naturalistica sulle sponde") e nel 1995 adotta e successivamente (1997) presenta al pubblico la Prestampa della “Linee guida per capitolati speciali per interventi di ingegneria naturalistica e lavori di opere a verde”, risultato della collaborazione con il Comitato Tecnico Capitolato dell'AIPIN.

Anche a livello Universitario si sente a livello Europeo la necessità di formare personale altamente qualificato in materia, nonché monitorare le ormai numerose opere eseguite. Vengono attivati seminari e corsi presso varie sedi universitarie.Nel 1994 presso l’Università di Vienna (Austria) viene istituito il primo Istituto di Ingegneria Naturalistica", diretto da F. Florineth.

In Spagna nel 1994 viene fondata la "Federacion de ingenieria del paisaje" che organizza vari congressi sul tema dell'I.N.. Nel 1998 Vengono pubblicate le prime voci di capitolato spagnole e nel 2001 il Paese Basco pubblica il primo manuale sulle sistemazioni in ambito fluviale dove si ufficializza la dicitura “*Ingenieria Naturalistica*”.

E’ recente (1997) la fondazione a Vienna della Österreichischer Ingenieurbiologischer Verein, pur essendo l’Austria il paese dove erano iniziate le prime applicazioni e dove risiedono a tutt’oggi molti professionisti ed esperti settore, tra cui il senior della materia Schiechtl.

Nel 1996 a Vienna viene costituita la "Federazione Europea per l’Ingegneria Naturalistica" (EFIB), la quale raccoglie tutte le associazioni europee che si occupano di ingegneria naturalistica, diventando punto di incontro e confronto per numerosi professionisti europei ed extraeuropei della materia.

Il diffondersi dell'impiego delle tecniche di I.N. sia nelle progettazioni che nelle realizzazioni degli interventi, porta nel 1996 all'istituzione da parte dell'AIPIN di un elenco a livello Nazionale di Soci AIPIN esperti in materia di ingegneria naturalistica e di un elenco delle Ditte qualificate nell’esecuzione di lavori di ingegneria naturalistica, nella produzione di materiale vivaistico e nella commercializzazione di prodotti da impiegare in opere di ingegneria naturalistica

Il 1997 vede la nascita della Scuola Nazionale per l’Ingegneria Naturalistica all'interno dell'AIPIN, l'adozione del “Codice deontologico e forme di tutela professionale” a livello Nazionale e l’elaborazione ad opera del Comitato Tecnico Tariffario del “Tariffario per la determinazione dei compensi per le prestazioni professionali per incarichi di ingegneria naturalistica” che viene approvato dall’Assemblea straordinaria AIPIN il 3 luglio ‘97.

E' del 1998 l'emanazione della “Legge quadro coordinata con le modifiche introdotte dal Ddl A.S. 2288 in materia di lavori pubblici" Testo coordinato D.L. 11 febbraio 1994 n° 109 nota come "Legge Merloni", del 1999 il D.P.R. 21 dicembre 1999, n°554 “Regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici 11 febbraio 1994, n°109, e successive modificazioni”.

In tali norme viene ripetutamente riconosciuta l'Ingegneria Naturalistica.

Nel 1999 viene istituito un gruppo di lavoro tra AII (Associazione Idrotecnica Italiana), AGI (Ass. Geotecnica Italiana), Associazione Italiana Pedologi, AIPIN, Sezione AGI/IGS Roma, SIGEA (Società Italiana di Geologia Ambientale), TERR.A Centro Studi Idraulici per l'Ambiente. Il gruppo di lavoro si occupa principalmente della Terminologia e delle Tariffe professionali nei settori della rinaturalizzazione, ingegneria naturalistica e difesa del suolo in genere.

Quando nel 1998 è stato rivisto e aggiornato l'Anc (Albo Nazionale Costruttori) nelle opere generali è stata introdotta la categoria OG13 "Opere di Ingegneria Naturalistica".

CAPITOLO 4
ASPETTI NORMATIVI

AIPIN

Vengono di seguito riportati i principali provvedimenti normativi nazionali e regionali.

LEGGI NAZIONALI E REGIONALI
CON RIFERIMENTI ALL'INGEGNERIA NATURALISTICA

A LIVELLO NAZIONALE:

L. 25 luglio **1904** n°52 "Testo unico sulle opere idrauliche"

D.M.20 agosto **1912** "Approvazione delle norme per la preparazione dei progetti di lavori di sistemazione idraulico-forestale nei bacini montani"

L. 18 maggio **1989** n°183 "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo"

L. 2 maggio **1990** n° 102 "Disposizioni per la ricostruzione e la rinascita della Valtellina ..."

DPR 14 aprile **1993** "Atto di indirizzo e coordinamento alle regioni recante criteri e modalità per la redazione dei programmi di manutenzione idraulica e forestale"

L. 8 ottobre **1997** n° 344 "Disposizioni per lo sviluppo e la qualificazione degli interventi e dell'occupazione in campo ambientale"

L. 2 ottobre **1997** n° 345 "Finanziamenti per opere e interventi di viabilità, infrastrutture, di difesa del suolo, nonché per la salvaguardia di Venezia"

L. 3 agosto **1998** n°267 (conversione con mod. del D.L. 11/06/1998 n°180) "Misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella Regione Campania"

Testo coordinato D.L. 11 febbraio **1994** n° 109 "Legge quadro coordinata con le modifiche introdotte dal Ddl A.S. 2288 in materia di lavori pubblici. **(Merloni Ter 1998)**

D. 4 febbraio **1999** "Attuazione dei programmi urgenti per la riduzione del rischio idrogeologico, di cui gli articoli 1, comma 2, e 8, comma 2, del D.L. n°180, convertito, con modificazioni, dalla legge 3 agosto 1998, n°267"

D.P.R. 2 settembre **1999** "Regolamento recante norme tecniche concernenti gli studi di impatto ambientale per alcune categorie di opere"

D. L.. 11 maggio **1999**, n° 152 "Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della Direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane" articolo 1, lettera d; articolo 3, comma 6; articolo 41, comma 1; Allegato 1

D.P.R. 21 dicembre **1999**, n°554 "Regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici 11 febbraio 1994, n°109, e successive modificazioni"

D.P.R. 25 gennaio **2000**, n°34 Regolamento recante istituzione del sistema di qualificazione per gli esecutori di lavori pubblici, ai sensi dell'articolo 8 della legge 11 febbraio 1994, n. 109, e successive modificazioni.

D.M. 4 ottobre **2000,** n°175 Rideterminazione e aggiornamento dei settori scientifico-disciplinari e definizione delle relative declaratorie, ai sensi dell'art. 2 del decreto ministeriale 23 dicembre 1999

A LIVELLO REGIONALE:

Regione Emilia-Romagna

- D.G.R. n°3939 dd 6 settembre **1994** "Direttiva concernente criteri progettuali per l'attuazione degli interventi in materia di difesa del suolo nel territorio della Regione Emilia-Romagna"
- -L. R. 30 gennaio **1995**, n. 6-Norme in materia di programmazione e pianificazione territoriale, in attuazione della legge 8 giugno 1990, n. 142 e modifiche e d integrazioni alla legislazione urbanistica ed edilizia
- D.G.R. 11 novembre **1997**, n. 2019 "Indirizzi per la formulazione di un Regolamento di gestione delle Aree di riequilibrio ecologico"

Regione Friuli-Venezia Giulia

- Circ. n°7 dd 22 marzo **1994** "La tutela del corso d'acqua: indicazioni e criteri per la formazione degli strumenti urbanistici comunali - contenuti ed elementi nel PRGC; linee guida e documentazioni progettuali finalizzate al rilascio e l'autorizzazione paesaggistica"

Regione Lazio

- Circ. "Criteri progettuali per l'attuazione degli interventi in materia di difesa del suolo nel territorio della regione Lazio" rif. LR n°60/90 Polizia idraulica e T.U. Opere idrauliche 523/1904
- Delibera 4340 del 28 maggio **1996** sui criteri progettuali per l'attuazione degli interventi in materia di difesa del suolo.

Regione Liguria

- L.R. n° 9 dd 28 gennaio **1993** "Organizzazione regionale della difesa del suolo in applicazione della L. n° 183 dd 18 maggio 1989"

Regione Lombardia

- D.G.R. n° 32 dd 26 settembre **1992** "Approvazione dei criteri per l'esercizio della subdelega, da parte dei Comuni, delle funzioni amministrative ex L 29 giugno 1939 n° 1497"
- D.G.R. n° 6/6586 dd 19 dicembre **1995** "Direttiva concernente criteri ed indirizzi per l'attuazione degli interventi di I.N. sul territorio della Regione"
- aprile **1996** Programma Regionale di Sviluppo 5.1.5 "Riequilibrio delle condizioni ambientali attraverso la rinaturalizzazione e il recupero ambientale con l'impiego di tecniche di I.N."

- D.G.R. n°6/29567 dd 1 luglio **1997** “Direttiva sull’impiego dei materiali vegetali vivi negli interventi di I.N. in Lombardia”
- D.G.R. n°6/48740 dd 29 febbraio **2000 "**Approvazione direttiva “Quaderno opere tipo di ingegneria naturalistica”
- D.G.R. n°7/2571 dd 11 dicembre **2000** "Approvazione direttiva per il reperimento di materiale vegetale vivo nelle aree demaniali da impiegare negli interventi di ingegneria naturalistica"

Regione Marche

- Circ. n°1 dd 23 gennaio **1997** “Criteri ed indirizzi per l’attuazione di interventi in ambito fluviale nel territorio della Regione Marche”

Regione Piemonte

- L.R. 2 novembre **1982** n°32 “Criteri tecnici per l’individuazione ed il recupero delle aree degradate e per la sistemazione e rinaturalizzazione di sponde ed alvei fluviali e lacustri, procedura amministrativa per la concessione di contributi regionali”
- **-**D.C.R del 31 luglio **1991**, n. 250 - 11937-Criteri tecnici per l'individuazione ed il recupero delle aree degradate e per la sistemazione e rinaturalizzazione di sponde ed alvei fluviali e lacustri, procedura amministrativa per la concessione di contributi (L.R. 2 novembre 1982, n. 32 artt. 2 e 12)

Regione Toscana

- L.R. n° 56 dd 7 marzo **1995** “Istituzione dell’agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana”
- D.C.R. n°155 dd 20 maggio **1997** “Criteri progettuali per l’attuazione degli interventi in materia di difesa idrogeologica”
- L.R. n° 56 dd 6 aprile **2000** “Norme per la conservazione e la tutela degli habitat naturali e seminaturali, della flora e della fauna selvatiche - Modifiche alla L.R. n° 7 dd 23 gennaio 1998 e L.R. n°49 dd 11 aprile 1995”

Regione Umbria

- D.G.R 13 gennaio **1993**, n. 100-“R.D 25 luglio 1904, n. 523. Polizia delle acque pubbliche. Provvedimento in merito alla esecuzione di opere sulle acque pubbliche”

- L.R. dd 27 gennaio **1999** “Piano Urbanistico Territoriale”

Regione Veneto

- D.G.R. n° 4003 dd 30 agosto **1994** “Circolare Regionale inerente gli interventi di manutenzione nei corsi d’acqua: aspetti tecnici ed ambientali”
- Circolare 10 ottobre **1994**, n. 32 - "Interventi di manutenzione nei corsi d'acqua; aspetti tecnici e ambientali"
- -L. 2 ottobre **1997**, n. 345- "Finanziamenti per opere e interventi in materia di viabilità, di infrastrutture, di difesa del suolo, nonché per la salvaguardia di Venezia"
- -Circ.- D.G.R.- "Interventi di manutenzione nei corsi d'acqua: aspetti tecnici ed ambientali"
- -Corte di Cassazione-riguardo a L.R.Veneto 7 settembre 1982 n. 44, norme per la disciplina delle attività estrattive, art. 2, 33.

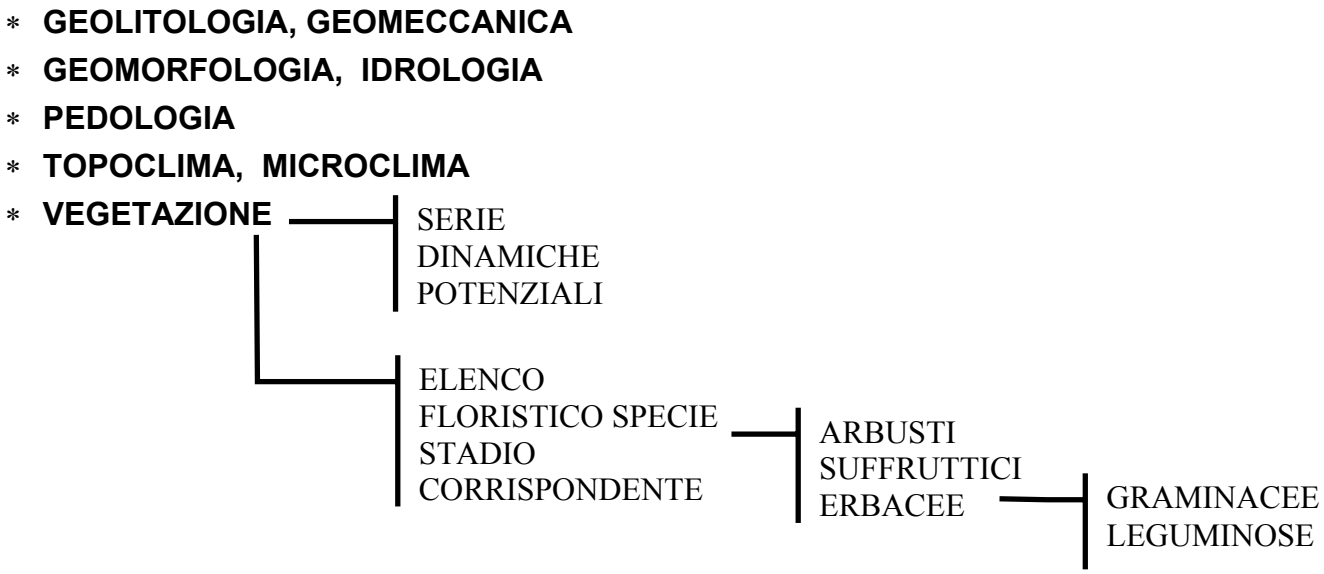
CAPITOLO 5

METODOLOGIE E AMBITI DI APPLICAZIONE

G. Sauli

L' ingegneria naturalistica è una disciplina trasversale che utilizza dati, conoscenze e tecnologie di altre discipline per realizzare degli interventi in cui viene abbinata l'azione delle piante vive a quella di altri materiali naturali o artificiali.
In Fig. 5.1. vengono elencati i settori tecnico - scientifici di analisi dai quali si ricavano elementi che vengono utilizzati normalmente in un progetto di I.N. La grossa novità è l'utilizzo delle conoscenze botaniche di tipo floristico, vegetazionale e biotecnico.

Fig. ***5.1 - SETTORI DI ANALISI FINALIZZATE AD OPERE DI MITIGAZIONE CON TECNICHE DI INGEGNERIA NATURALISTICA***



Per quanto riguarda la vegetazione si adotta normalmente la classificazione della scuola fitosociologica di Braun - Blanquet modificata Pignatti e si fa riferimento alle associazioni vegetali di cui c'è ormai buona conoscenza su tutto il territorio nazionale (per il Lazio vedi Capp. 8.3. e 8.4.). Spesso nelle aree di progetto non sono più presenti le associazioni naturali dei luoghi. Si fa riferimento in tal caso alla vegetazione "potenziale" ed in particolare agli stadi delle serie dinamiche più attinenti con le singole condizioni di intervento.
Anche per la selezione delle specie di possibile impiego ci si riferisce a quelle spontanee presenti o potenziali della stazione. Alcuni gruppi sono più importanti di altri per le caratteristiche biotecniche che li rendono utilizzabili negli interventi di I.N.. Classico è l'impiego di specie arbustive (più che arboree) inclusi i suffrutici, e nell'ambito delle erbacee di specie delle famiglie delle graminacee e delle leguminose.
Alcune particolarità vi sono anche nelle tecniche di propagazione, in particolare nell'uso di talee legnose di specie adatte alla riproduzione vegetativa a pieno campo. Classico il genere *Salix* utilizzato in tutta l'Europa centrale, ma anche di altri generi quali *Tamarix, Atriplex, Nerium*, ecc. in fase iniziale di applicazione in tutta l'area mediterranea.
Si dà per scontato l'uso quasi esclusivo di specie autoctone derivate da materiale di propagazione locale per evitare insuccessi o contaminazioni genetiche ed ecologiche in generale.
L'uso delle piante locali garantisce l'idoneità generale alle condizioni geo-pedologiche e fitoclimatiche del luogo fermi restando i problemi legati al periodo stagionale ed alle condizioni microambientali di messa a dimora.
Nei capitoli sulla progettazione (Capp. 14 e 16) vengono riportati alcuni casi pratici di progettazione tipo con riferimento alla parte botanica del progetto.
Per quanto riguarda i rapporti idraulica - ingegneria naturalistica si rimanda ai Capp. 9 e 15.
Dal punto di vista geologico, e geotecnico si rimanda alle normali strategie di analisi e progettazione in uso. Attenzione particolare va posta nell'interpretazione dei dinamismi geomorfologici ed in particolare idrologici, che deve privilegiare scelte progettuali che tendano al mantenimento o alla ricostituzione di morfologie naturaliformi.
I settori di applicazione delle tecniche di I.N. sono quelli di Fig. 5.2. Si evidenziano due principali filoni, quello degli interventi sul territorio e quello legato alle infrastrutture. La vasta gamma delle possibili applicazioni delle tecniche di I.N. spiega il successo e la diffusione di tali tecniche, anche in collegamento con l'affermarsi degli standard ambientali derivati dalla diffusione delle procedure di V.I.A. a tutti i livelli di progettazione

Fig. *5.2* - SETTORI DI APPLICAZIONE DELLE TECNICHE DI INGEGNERIA NATURALISTICA

1. **DIFESA SUOLO, CORPI FRANOSI, SISTEMAZIONI MONTANE**
2. **SISTEMAZIONI IDRAULICHE SPONDALI**
3. **RINATURALIZZAZIONE DIGHE IN TERRA**
4. **OPERE MITIGAZIONE / CONSOLIDAMENTO IN AMBITO STRADALE E FERROVIARIO**
   a) **consolidamento e stabilizzazione scarpate**
   b) **barriere e rilevati vegetati antirumore**
   c) **vasche di sicurezza - ecosistemi filtro**
   d) **fasce di vegetazione tampone**
   e) **ricostruzione di habitat**
5. **MANTENIMENTO DELLA CONTINUITÀ FAUNISTICA (recinzioni, sottopassi, sovrapassi uso faunistico, scale di risalita per ittiofauna, …)**
6. **METANODOTTI, CONDOTTE INTERRATE**
7. **INTERPORTI,CENTRALI ELETTRICHE, INSEDIAMENTI INDUSTRIALI**
8. **CAVE, DISCARICHE**
9. **PORTI, COSTE**
10. **STABILIZZAZIONE DUNE COSTIERE**
11. **RICOSTRUZIONE BARENE LAGUNARI**
12. **COPERTURE VERDI (edilizia, industria,…)**

Per quanto riguarda gli interventi di ingegneria naturalistica sui corsi d'acqua vale la distinzione in due principali tipologie :

- la tipologia A - che ha come finalità principale la rinaturalizzazione mediante la ricostruzione di morfologie naturaliformi e di habitat della serie igrofila e risulta applicabile soprattutto in aree di riserva o parco naturale, legata appunto alle attività di tutela;
- la tipologia B - che è collegata alle sistemazioni idrauliche e di difesa del suolo ed utilizza in prevalenza tecniche di ingegneria naturalistica in senso stretto.

In entrambi i casi è auspicato un aumento più o meno diffuso di biodiversità

Fig. *5.3* - INTERVENTI SUI CORSI D'ACQUA CON TECNICHE DI INGEGNERIA NATURALISTICA

TIPOLOGIA A - INTERVENTI DI RINATURALIZZAZIONE

- RIAPERTURA VECCHI MEANDRI
- AMPLIAMENTO AREE GOLENALI
- RICOSTRUZIONE HABITAT SERIE IGROFILA (lanche, stagni, boschi di golena o di ripa, prati umidi, paludi,…….)
- USO SECONDARIO DI INTERVENTI BIOTECNICI

➢ AUMENTO DI BIODIVERSITA' ESTESO

➢ FINANZIAMENTI SPECIFICI (Tutela, Parchi naturali,….)

TIPOLOGIA B - INTERVENTI BIOTECNICI DI CONSOLIDAMENTO SPONDALE NELL'AMBITO DI PROGETTI DI SISTEMAZIONE IDRAULICA

- USO PREVALENTE DI TECNICHE DI INGEGNERIA NATURALISTICA

➢ AUMENTO DI BIODIVERSITA' LOCALIZZATO

➢ FINANZIAMENTI NORMALI PER SISTEMAZIONI IDRAULICHE E DIFESA DEL SUOLO

In fig. 5.4 viene presentata una visione retrospettiva dello stato dell'arte recente e prossimofuturo dell' I.N. e relative attività di ottimizzazione e sviluppo possibili / necessarie. Va puntualizzato che le attività di monitoraggio e ricerca sono legate alla esistenza di una casistica di opere eseguite che solo negli ultimi anni sono state realizzate in molte regioni italiane.

Fig. *5.4* - OTTIMIZZAZIONE E SVILUPPO DELLE TECNICHE DI INGEGNERIA NATURALISTICA

1980 - 1990 **APPLICAZIONI LOCALIZZATE E/O PIONIERISTICE (Alto Adige, singoli interventi)**

1990 - 1996 **DIVULGAZIONE DISCIPLINA A LIVELLO NAZIONALE**

1996 - 2000 **INIZIO REALIZZAZIONE CASISTICA DIFFUSA A LIVELLO NAZIONALE**

2000 - 2001 **POSSONO INIZIARE ATTIVITA' DI :**

SVILUPPO VEGETAZIONE / ECOSISTEMI

MONITORAGGIO

MATERIALI

↓

RICERCA

↓

APPLICAZIONI SPERIMENTALI

Per quanto riguarda la ricerca si aprono nuovi settori (Fig. 5.5) applicativi con il compito di fornire ulteriori dati quali-quantitativi di supporto alla progettazione tramite l'interpretazione dei complessi fenomeni e dinamismi biotici e funzionali legati alla realizzazione di interventi di ingegneria naturalistica.

Fig. *5.5* - NUOVI SETTORI DI RICERCA APPLICATIVA NEL CAMPO DELLE RINATURAZIONI E DELL'INGEGNERIA NATURALISTICA

- INTERVENTI INFRASTRUTTURALI PER IL MANTENIMENTO DEI DINAMISMI FAUNISTICI (ponti ecologici, sottopassi, rampe di risalita,….)
- ECOSISTEMI FILTRO - FITODEPURAZIONE ORIZZONTALE E VERTICALE PER LE ACQUE DI PRIMA PIOGGIA (piattaforme stradali, piazzali di interporti, ecc.)
- POTENZIALITA' DI RADICAZIONE AVVENTIZIA DI SPECIE ARBUSTIVE AUTOCTONE
- MODIFICA DEI PARAMETRI IDRAULICI IN PRESENZA DI OPERE DI I.N. E DI VEGETAZIONE INDOTTA IN GENERE
- CALCOLO DELLA RESISTENZA A TRAZIONE/TAGLIO DELLE SPECIE ARBUSTIVE IMPIEGATE
- LIMITAZIONE DEL TRASPORTO SOLIDO E AUMENTO DEI TEMPI DI CORRIVAZIONE SU VERSANTI FRANOSI IN PRESENZA DI SISTEMI DI INTERVENTI DI STABILIZZAZIONE E DRENAGGIO CON OPERE DI INGEGNERIA NATURALISTICA
- TECNICHE DI INTERVENTO SU BACINI MONTANI CON PROBLEMI DI DEBRIS FLOW
- MONITORAGGIO DELLA EVOLUZIONE DELLA SERIE DINAMICA DELLA VEGETAZIONE SU INTERVENTI DI RIVEGETAZIONE DI CONDOTTE INTERRATE

CAPITOLO 6

DEONTOLOGIA PROFESSIONALE

Come in tutte le discipline, anche nell'ingegneria naturalistica si stanno affermando alcune regole comportamentali di riferimento per i professionisti, i funzionari e gli imprenditori che si occupano degli interventi di I.N..
Si riportano in tal senso in estratto alcuni articoli del Codice Deontologico dell'AIPIN.

CODICE DEONTOLOGICO
E FORME DI TUTELA PROFESSIONALE
DELL'ASSOCIAZIONE
ITALIANA PER L'INGEGNERIA NATURALISTICA
(Approvato dall'Assemblea generale ordinaria del 21 febbraio 1997)

Premessa

Il termine Ingegneria Naturalistica viene inteso come equivalente del tedesco "Ingenieurbiologie". Per ingegneria naturalistica si intende la disciplina tecnico-naturalistica che utilizza:
- tecniche di 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 ed all'aumento della biodiversità.

omissis...

Principi di base

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

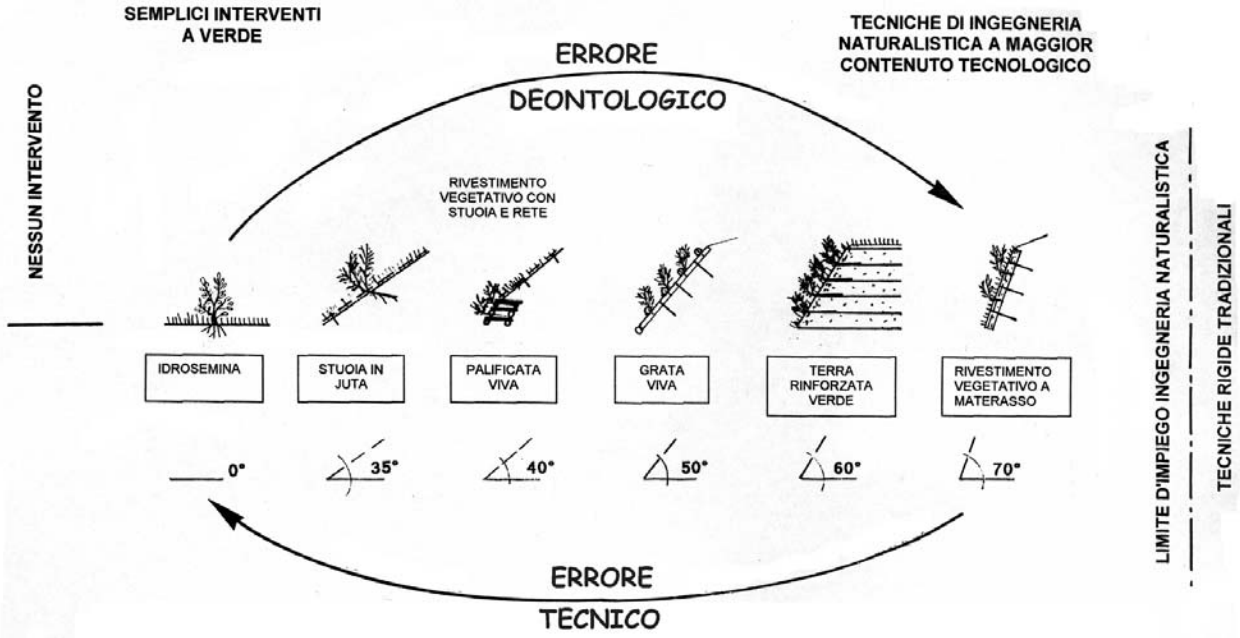
Art. 5 - Il socio AIPIN deve agire sempre con integrità scientifica, diligenza ed onestà riconoscendo nella caratterizzazione interdisciplinare dell'I.N., i limiti della propria competenza professionale, ricorrendo all'altrui competenza nelle attività professionali che la richiedono. In tali casi deve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

omissis...

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

LIVELLO MINIMO DI ENERGIA

INTERVENTI DI INGEGNERIA NATURALISTICA



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

MA

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

Per quanto riguarda la selezione delle specie e dei materiali da impiegare nelle tecniche di I.N. il concetto generale di impiegare il più possibile materiali naturali e specie autoctone va ulteriormente dettagliato data la complessità e molteplicità delle situazioni in cui vengono spesso a trovarsi i professionisti settore. Nella Tab. 6.1 l' AIPIN ha recentemente fatto un tentativo di schematizzare la graduatoria di preferibilità e liceità di impiego di specie e materiali nei vari possibili ambiti territoriali di impiego.
Va da sé che nelle aree protette devono essere impiegate solo specie autoctone e materiali naturali o biodegradabili. Si ammette l'uso di materiali artificiali solo per la soluzione di problemi geotecnici ed idraulici per la protezione diretta di infrastrutture o insediamenti.
Nelle aree agricole, di parchi e giardini, urbane, industriali è' invece ammesso l'uso di specie naturalizzate anche se è sempre preferibile usare le specie autoctone. L'uso dei materiali è indifferente.
Per quanto riguarda specie esotiche con ottime caratteristiche biotecniche di recente introduzione sul mercato italiano (ad es. il Vetiver), in attesa di maggiori conoscenze sul comportamento della specie nel senso ecosistemico (crea successione verso stadi di vegetazione naturale? Risulta invasiva a comportamento monospecifico e banalizzante? Avrà comportamento infestante? E' davvero importata con cloni sterili e comunque non si diffonde per via vegetativa?) è ragionevole sottoporne il comportamento a sperimentazione a cominciare dalle aree urbane, parchi e giardini ed aree industriali. E' in ogni caso da escluderne l'impiego nelle aree protette, parchi e riserve naturali ecc. mentre il suo uso futuro quale specie consolidante/preparatoria nei settori infrastrutturali che insistono su aree agricole va attentamente valutato a seguito di test e sperimentazioni che rispondano ai quesiti di cui sopra.

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

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

NATURALITA' CRESCENTE ▲

*
x x x Impiego esclusivo
x x Impiego preferenziale
x Impiego in funzione delle scelte progettuali
- Incompatibilità assoluta
(1) Utilizzo solo per la soluzione di problemi geotecnici ed idraulici per la protezione diretta di edifici o infrastrutture esistenti

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

Capitolo 7

APPLICABILITÀ NEL LAZIO

P. Cornelini

Il territorio della Regione Lazio risulta caratterizzato da:

- Una notevole variabilità litologica (complesso delle vulcaniti, dominio della piattaforma carbonatica, unità alloctone flyschiodi, depositi sedimentari, etc.) che ha condizionato le grandi strutture geomorfologiche (i distretti vulcanici, le pianure costiere, le dorsali appenniniche carbonatiche Lepino-Ausona-Aurunca e Simbruino-Ernica con la relativa valle Latina di separazione, le dorsali calcareo marnose Sabine, etc.)

- Un assetto idrografico dominato dai sistemi del Tevere a nord e dal Liri-Garigliano a sud.

  Il F.Tevere manifesta un profonda differenza tra l'assetto idrografico dei territori in riva destra e in riva sinistra. Il primo rappresenta il contributo degli apparati vulcanici, caratterizzati da un fitto reticolo con andamento centrifugo, mentre le strutture carbonatiche del secondo hanno una minor densità di drenaggio e andamenti collegati direttamente ai lineamenti geologico-strutturali.

  Il Liri-Garigliano ha un assetto controllato dai lineamenti tettonici ad andamento appenninico (NW-SE, F.Sacco) ed antiappenninico (NE-SW, F.Garigliano), che determinano, a causa della natura carbonatica, una elevata infiltrazione ed uno scarso sviluppo del reticolo idrografico.

- Una grande variabilità climatica che influenza la distribuzione delle tipologie vegetazionali, che, tuttavia, può ricondursi alle due grandi regioni bioclimatiche temperata e mediterranea, con le relative regioni di transizione.

  Il bioclima mediterraneo si differenzia essenzialmente da quello temperato per la presenza di un periodo di aridità estivo e per temperature medie annuali più elevate, con numerose differenziazioni al suo interno, in funzione della latitudine, altitudine e distanza dal mare.

- Una flora che conta circa 3000 entità, più del 50% della flora italiana, distribuite in 898 generi e 161 famiglie, con le specie rare e rarissime che costituiscono quasi un terzo del patrimonio floristico, a conferma del suo notevole valore .

- Un paesaggio vegetale di grande interesse naturalistico con le principali fitocenosi legnose costituite dalle formazioni sempreverdi mediterranee (macchia, lecceta, sughereta) e dai boschi di caducifoglie (querceto a cerro e farnetto, querceto a rovere, cerreta con rovere e castagno, querceto a roverella, bosco misto, faggeta).

- Una vegetazione igrofila, la cui distribuzione è strettamente correlata alle caratteristiche ecologiche, idrauliche e geomorfologiche del corso d'acqua:

La vegetazione delle correnti veloci a ranuncoli (*Ranuncolion fluitans)* e quella delle correnti lente, tipiche dei canali di bonifica, a potamogeti (*Potametea pectinati).*

La vegetazione delle acque stagnanti a ninfeidi (*Nymphaeion albae*), a canneti (*Phragmition)* ed a cariceti (*Magnocaricion).*

La vegetazione ripariale legnosa è condizionata da particolari condizioni ecologiche legate al rapporto con la falda che ne determina il carattere di azonalità rispetto alle fitocenosi terrestri della serie climacica con le quali entra in contatto.

La sua distribuzione sul territorio avviene con differenti e caratteristiche associazioni secondo una zonazione longitudinale lungo il corso d'acqua ed una trasversale allo stesso.

La zonazione trasversale, che dipende principalmente dai vari livelli di piena e dalle caratteristiche geometriche, morfologiche e granulometriche dell'alveo, vede, a partire dalle sponde, le formazioni a legno tenero di salici e pioppi *(Salicetalia purpureae e Populetalia albae),* che entrano in contatto sul terrazzo fluviale con le formazioni di legno duro a querce, frassini e olmi.

Le fitocenosi ripariali sono ridotte a lembi residui per la notevole pressione antropica: quasi scomparsi i boschi igrofili a pioppi, ontani e frassini, mentre si mantengono i filari di salici arbustivi ed arborei, perché più resilienti e su stazioni meno disturbate.

La Regione Lazio, pertanto, presenta, in genere, condizioni geomorfologiche, idrauliche ed ecologiche favorevoli all'impiego, nella difesa del suolo, delle tecniche antierosive, consolidanti e di rinaturazione dell'ingegneria naturalistica.

Per quanto riguarda gli interventi di sistemazione idraulica a compatibilità ambientale risulta:

- una limitata possibilità di uso delle tecniche di I.N. in alveo, nel corso superiore dei fiumi, per la notevole pendenza e per l'elevata velocità della corrente
- una ampia possibilità di impiego delle tecniche di I.N. in alveo, nel corso medio ed inferiore dei fiumi
- una notevole possibilità di impiego delle tecniche di I.N. al di sopra del livello di piena medio, lungo tutto il corso del fiume, anche per la necessità di rafforzare sul territorio la presenza della striscia dei saliceti arbustivi ed arborei ripariali e di riconquistare lo spazio per i boschi igrofili a pioppi, ontani e frassini, anche con idonei espropri.
- la necessità di una manutenzione degli alvei con criteri naturalistici
- la necessità della riqualificazione ambientale del reticolo di pianura, soprattutto lungo i canali di bonifica
- una problematica, nella fascia costiera mediterranea, legata alle condizioni climatiche, per la realizzazione dei lavori nelle stagioni sfavorevoli e per l'utilizzo di arbusti con idonee caratteristiche biotecniche.

Per il raggiungimento delle finalità di impiego efficace delle tecniche a basso impatto ambientale nella Regione Lazio, come per altro nel resto di Italia, risulta quindi fondamentale:

- L'adozione dei contenuti tecnici e di capitolato del presente manuale,
- Estensione delle normative regionali di adozione delle tecniche di ingegneria naturalistica nei settori dell'idraulica, della difesa del suolo e del territorio, nonché in quelli infrastrutturali quali: strade, cave, discariche, ecc.,
- Stanziamento di idonei finanziamenti,
- Incentivazione della formazione professionale e qualificazione dei progettisti, dei funzionari della Pubblica Amministrazione e delle imprese, anche mediante l'istituzione di una scuola per l'ingegneria naturalistica,
- Aggiornamento del tariffario per la progettazione delle opere di ingegneria naturalistica,
- Produzione vivaistica delle specie autoctone per gli interventi di I.N.,
- Sperimentazione sulle caratteristiche biotecniche degli arbusti mediterranei,
- Incentivazione della ricerca applicativa e di progetti campione per la sperimentazione e l'adattamento delle tecniche,
- Monitoraggio degli interventi e aggiornamento delle tecniche,
- Finanziamento di interventi di manutenzione e gestione delle opere stesse.

CAPITOLO 8

SETTORI DI ANALISI AMBIENTALE DI SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE DELLE SISTEMAZIONI IDRAULICHE CON TECNICHE DI INGEGNERIA NATURALISTICA

Il territorio laziale

8.1 Geologia del Lazio
M. Amodio, G. Bovina

Introduzione

La geologia del territorio della Regione Lazio risulta di indubbio interesse soprattutto per la innegabile e notevole variabilità, litologica e cronostratigrafica delle Formazioni presenti in affioramento: spostandosi da sud a nord o da ovest ad est è possibile passare dagli aspri rilievi montuosi costituiti da calcari bianco-avana compatti e a giacitura massiva alle dolci acclività degli complessi vulcanici costituite da alternanze di prodotti piroclastici e colate laviche; oppure, lasciati alle spalle i sedimenti delle pianure alluvionali costiere, attraversare imponenti edifici vulcanici per addentrarsi nel cuore dell'Appennino, caratterizzato da alternanze di calcari e marne, sottilmente stratificati, e profondamente incisi - quasi sempre al loro contatto - da profonde valli fluviali.

Come è naturale, partendo da un "prodotto grezzo" così differenziato, le forze esogene - che provvedono al rimodellamento ed all'evoluzione della superficie terrestre - hanno potuto contribuire a produrre forme e morfostrutture altrettanto varie ed affascinanti, tali da definire veri e propri "paesaggi geologici e geomorfologici": dagli altipiani carsici ai laghi vulcanici; dalle profonde valli fluviali intraappenniniche alla ampia valle del Tevere; dalle dolci ondulazioni delle dune costiere (antiche ed attuali) all'improvviso torreggiare di coni di scorie all'interno o nella periferia degli apparati vulcanici.

Tutto ciò spesso accompagnato dalla presenza diffusa e multiforme dell'elemento vitale per eccellenza - l'acqua - visibile, nei grandi bacini naturali di raccolta (i laghi) e nelle sue vie di comunicazione (i fiumi), o nascosta, all'interno degli immensi serbatoi carbonatici.

Una tale eterogeneità geologica, una sorta di ***"geodiversità"***, sicuramente tra le più spinte dell'intera penisola, può essere affrontata in questa sede solo introducendo evidenti e marcate schematizzazioni e semplificazioni.

I caratteri geologici

Ad un primo esame dello schema geologico riportato nella figura1, appare evidente come le formazioni deposte durante l'attività vulcanica costituiscano il dominio geologico relativamente più rappresentato, coprendo circa il 33% del territorio regionale e sviluppandosi lungo l'asse longitudinale della regione, in direzione NW-SE, dai confini con la Toscana sino alle porzioni nordoccidentali della provincia di Latina.

IL VULCANISMO DEL LAZIO che, è parte della più ampia *Provincia vulcanica tosco-laziale*, si sviluppa a partire dalla fine del Pliocene dando luogo dapprima ad una attività dal chimismo da acido ad intermedio; successivamente si sviluppano quattro distretti vulcanici caratterizzati da rocce petrograficamente appartenenti alla serie potassica, o ad alto contenuto in potassio, allineati da NW a SE e seriati dal punto di vista cronologico.

Il vulcanismo acido, è rappresentato, in ordine cronologico, dai complessi vulcanici di Tolfa, Cerite e Manziate, costituiti prevalentemente da unità ignimbritiche seguite da domi lavici a composizione da riolitico a quarzolatitica. Questi complessi si sviluppano tra il margine occidentale del distretto sabatino e le unità alloctone liguridi, in corrispondenza del settore tirrenico settentrionale della provincia di Roma. In parziale contemporaneità del vulcanismo tolfetano-cerite (tra 2 e 1 M.A.) si verifica l'attività delle Isole Ponziane nordoccidentali, Ponza, Palmarola e Zannone: per le prime due evidenze geofisiche indicano una evoluzione della attività da sottomarina a subaerea, mentre per Zannone può essere indicata una attività esclusivamente subaerea. I prodotti più recenti del vulcanismo acido sono rappresentati dai Monti Cimini, la cui attività è compresa tra 1.35 e 0.8 M.A., periodo durante il quale si registrò la risalita lungo strutture tettoniche regionali di magmi viscosi ed acidi che hanno formato in superficie domi e cupole di ristagno.

Il Vulcanismo potassico è rappresentato - a partire dal confine con la Toscana - dal Distretto Vulsino. Attivo a partire da circa 0.8 M.A., esso è caratterizzato dalla presenza in posizione baricentrale di una ampia depressione vulcano-tettonica, attualmente occupata dal Lago di Bolsena. L'attività del distretto vulsino, si sviluppa attraverso quattro centri principali (denominati Paleobolsena, Bolsena, Montefiscone e Latera), dislocati - probabilmente - lungo i principali sistemi di fratture. Tra questi l'ultimo rappresenta l'edificio centrale più importante, il cui svuotamento della camera magmatica ha prodotto il collasso calderico ben visibile dalla morfologia di superficie attuale. L'attività è mista e porta alla messa in posto di lave, colate piroclastiche e prodotti idromagmatici.

Immediatamente a sud dei Vulsini, si sviluppa l'attività del Distretto Vicano, in un arco temporale compreso tra 800.000 e 90.000 anni dal presente. Dal punto di vista vulcanologico siamo di fronte ad un edificio centrale, morfologicamente tipico (stratovulcano), con la parte terminale dell'edificio troncata dalla caldera. L'attività si manifesta attraverso l'alternanza di quattro fasi di emissione, caratterizzate – nell'ordine dalla più antica alla più recente – da ingenti quantità di piroclastiti da ricaduta, da imponenti colate laviche, da attività esplosiva e grandi colate piroclastiche sino, nell'attività terminale, alla messa in posto di prodotti idromagmatici la cui genesi è fortemente condizionata dalla presenza del bacino lacustre generatosi al centro della cinta calderica.

Spostandosi ulteriormente verso SE, l'ambientazione geologica del Pleistocene medio si arricchisce di un nuovo Distretto vulcanico, quello Sabatino, che interessa una porzione di territorio ben più ampia del Vulcano di Vico, e manifesta la sua attività pressoché in contemporanea (da oltre 600.000 a circa 40.000 anni fa). Il vulcanismo mostra sin dall'inizio forti caratteri esplosivi, e – dopo aver esordito nel settore orientale dell'area (edificio di Morlupo-Castelnuovo di Porto) – si sposta verso ovest edificando l'imponente struttura di Sacrofano, forse la più importante dei Sabatini, per durata dell'attività e volumi di materiali eruttati (le colate piroclastiche sono presenti sino a più di 40 km dal centro di emissione, e le rinveniamo tuttora in affioramento nel settore nord della città di Roma). Placatosi il centro di Sacrofano, l'attività dei Sabatini si riposiziona nel settore orientale, con i tuff-ring di Monte Razzano e Monte Sant'Angelo ed, infine, con, il centro di Baccano, la cui attività cessa intorno ai 40.000 anni fa.

Il più meridionale dei distretti vulcanici a struttura centrale presenti nella nostra Regione è rappresentato dal Vulcano Laziale o Complesso vulcanico dei Colli Albani. Questo occupa una posizione particolarmente significativa nell'ambito dell'assetto strutturale della Catena Appenninica: «confina» a nordovest con le Unità Meso-cenozoiche alloctone dei Monti della Tolfa, a sud con i terreni di piattaforma carbonatica dei Monti Lepini, ad est con le successioni Meso-cenozoiche dei Monti Prenestini e Tiburtini, oltre che, sempre verso nord, con l'altro importante sistema vulcanico dei Sabatini. La formazione dell'apparato ha avuto inizio tra i 500.000 e i 600.000 anni fa, mentre i prodotti più recenti sono stati datati a circa 20.000 anni fa;

in questo periodo sono state emesse coltri di depositi vulcanici estesi su una superficie di circa 1500 Km^2 (da poco a sud della Bassa Valle del Tevere, sino alla Pianura Pontina): all'interno della «*provincia magmatica romana*», i Colli Albani sono l'apparato vulcanico caratterizzato dalle maggiori dimensioni e - tra i vulcani centrali - dal maggior volume di lava e di prodotti piroclastici eruttati (circa 290 Km^3). Come per gli altri vulcani, anche per i Colli Albani si possono individuare varie fasi di attività principali intervallate da periodi di stasi: il vulcano esordisce con la *Fase Del Tuscolano – Artemisio* che occupa quasi metà dell'intera vita del vulcano (*da circa 600.000 a circa 300.000 anni fa*) e ha dato luogo alla messa in posto di 200 Km^3 (circa il 70% del totale) durante quattro cicli che prendono il nome di I, II, III e IV Colata Piroclastica del Tuscolano-Artemisio; l'attività è caratterizzata da eruzioni esplosive parossistiche con messa in posto, principalmente, di ignimbriti, con effusioni laviche e depositi di ricaduta intercalati tra i principali eventi eruttivi. A seguire, tra i 300.000 ed i 200.000 anni fa, l'attività procede col la *Fase Dei Campi Di Annibale (o delle Faete)*: caratterizzata da attività mista all'interno dell'area calderica del Tuscolano-Artemisio, risulta sicuramente meno importante della prima, soprattutto se si considera la quantità totale di materiale eruttato (*poco più di 2 Km^3*). L'attività del complesso vulcanico del Colli Albani si conclude con una fase legata principalmente alle interazioni tra il magma residuo e l'acqua (*Attivita' Idromagmatica Finale*): esplosioni caratterizzate da energie veramente notevoli, provocano la formazione di tutta una serie di crateri eccentrici, più o meno allineati in direzione nord - sud, i più importanti dei quali (anche sotto il profilo paesaggistico) sono quelli di Ariccia, Nemi ed Albano, ai quali si aggiungono quelli di Prata Porci, Castiglione, Pantano Secco, Valle Marciana e Giuturna. Le ultime datazioni disponibili indicano che i prodotti più recenti di questa ultima fase sono rappresentati dai materiali eruttati dal cratere di Albano, e risalgono a circa 20.000 anni fa.

Passando in visione – attraverso un criterio cronostratigrafico - gli altri domini geologici rappresentati nel territorio del Lazio, va dapprima evidenziata la presenza di un limitato affioramento del **"BASAMENTO METAMORFICO"** di età Paleozoico superiore – Triassico, in corrispondenza del medio tratto del F.Fiora al confine con la Toscana (Monti Romani). Si tratta di rocce a basso grado di metamorfismo (filladi, quarziti micacee e metaconglomerati) fortemente alterate dall'attività tettonica. Unico altro sito in cui il basamento affiora nel Lazio è l'isola di Zannone, con un piccolo lembo di terreni triassici (quarziti).

LA DORSALE APPENNINICA. Altro grande dominio geografico-geologico che caratterizza il territorio della Regione Lazio è costituito dalla dorsale appenninica, che - nel suo insieme – copre un altro 30% circa della superficie della regione. Tale "macrosistema" è prevalentemente rappresentato da sedimenti carbonatici di età mesozoica deposti in differenti ambienti di sedimentazione. Alla scala del presente lavoro, è sufficiente individuare due grandi domini sedimentari, che hanno dato luogo alla formazione di serie stratigrafiche differenziate ed oggi nettamente individuabili sul terreno: una appartenente al *Dominio di Piattaforma Carbonatica* ed una afferente al *Dominio di Transizione* verso il bacino Pelagico. La prima è nota in letteratura geologica con il nome di Serie Laziale – Abruzzese, ed è geograficamente individuata da due allineamenti montuosi: uno più interno, rappresentato dai Monti Simbruini – Monti Ernici – Monte Cairo, e l'altro prossimo alla linea di costa tirrenica e rappresentato dalla struttura dei Monti Lepini – Monti Ausoni – Monti Aurunci. Le due dorsali, sviluppate in direzione NW-SE, sono separate da una fascia morfologicamente e strutturalmente ribassata costituita dalla Valle Latina dove il basamento calcareo risulta coperto da coltri di varia potenza di depositi terrigeni sintettonici (Formazione di Frosinone), da depositi marini e continentali Plio-Pleistocenici ed, infine, da depositi alluvionali recenti (Olocene – Pleistocene). Dal punto di vista litostratigrafico questa serie di piattaforma persistente è costituita da una potente e monotona pila di sedimenti calcarei e calcareo-dolomitici, che vanno dai più antichi calcari e dolomie del Triassico superiore ("Formazione di Filettino"), attraverso potenti spessori (migliaia di metri) di calcari, calcareniti e calciruditi depostisi lungo tutto il Giurassico e Cretacico sino

alla prima Epoca cenozoica (Paleocene) per finire con i calcari organogeni di mare poco profondo del Miocene medio. Dal punto di vista strutturale e tettonico l'azione orogenetica che ha prodotto l'attuale assetto e posizionamento delle due dorsali carbonatiche di piattaforma citate si è svolta prevalentemente nel periodo Neogenico (Tortoniano – Messiniano); come in altre aree dell'Appennino, probabilmente anche in questo settore la tettonica compressiva si è sviluppata in diverse fasi, a partire dal settore lepino-ausono-aurunco per arrivare, nella fase messiniana, a quello ernico-simbruino. In sostanza, l'attuale assetto strutturale si è venuto a determinare per "la migrazione nel tempo del sistema orogenico (catena-avanfossa-avampaese) dai settori occidentali verso quelli orientali[1]".

L'altro grande domino appenninico presente nella nostra regione è costituito dal Dominio di transizione, ossia da quella serie di sedimenti che si sono deposti in una fascia di transizione, dal punto di vista paleogeografico ed ambientale, tra le aree di piattaforma carbonatica (mare sottile) e le aree pelagiche, ossia caratterizzate da mare aperto e profondo. Il carattere "transizionale" di questi depositi sedimentari è determinato dal fatto che il materiale proveniente dalla piattaforma si mescola con il materiale del bacino pelagico in corrispondenza di una scarpata morfologica sottomarina. Ad una scala geologica più ampia, che prenda in considerazione anche porzioni di territorio fuori dalla regione, il Dominio pelagico è rappresentato dalla Serie Umbro-Marchigiana; ciò che affiora all'interno del Lazio è invece la Serie di transizione, ben rappresentata nei Monti Prenestini e nei Monti Sabini. Dal punto di vista litostratigrafico, la "colonna tipo" delle Unità di Transizione risulta meno uniforme e monotona di quella delle Unità di piattaforma cabonatica: al di sopra delle evaporiti triassiche, infatti, troviamo dapprima la formazione del "Calcare massiccio" del Giurassico inferiore, seguito stratigraficamente dalle formazioni giurassiche lacunose dovute agli alti morfostrutturali e costituite da calcari nodulari, marne calcaree e micriti; in facies eteropica rispetto ai precedenti, ma con una età che si estende sino al Cretacico inferiore troviamo i calcari, calcari marnosi, marne e marne argillose – spesso selciferi – contenenti depositi calcareo-clastici provenienti dalla Piattaforma Laziale-Abruzzese; il periodo compreso tra il Cretacico inferiore ed il Miocene inferiore è rappresentato sempre da rocce calcareo-marnose o schiettamente marnose, a luoghi selcifere, conosciute nella letteratura geologica con i nomi di Formazioni del "Bisciaro", della "Scaglia cinerea", della "Scaglia" e delle "Marne a Fucoidi"; la serie di transizione si chiude al tetto con argille marnose ("Marne a Pteropodi" Auct.) e marne calcaree emipelagiche con intercalazioni di calcari risedimentati ("Marne con Cerrogna" e "Formazione di Guadagnolo" Auct.) che arrivano sino al Miocene superiore. Dal punto di vista della strutturazione della Catena Appenninica, anche il Dominio Sabino può essere divise in unità interne ed esterne, in funzione della fase temporale in cui è avvenuta la loro deformazione: mentre il settore dei Monti Prenestini-Monti Tiburtini-Monti Lucretili- Monti Cornicolani ha, infatti, subito le spinte orogenetiche nel Tortoniano, la restante porzione (Monti Ruffi-Monti Sabini orientali-Monti Reatini) ha preso parte alla formazione della Catena Appenninica solo nel Messiniano. Una fase tettonica compressiva successiva a quella messiniana si è avuta, poi, nel Pliocene inferiore interessando queste porzioni di crosta già coinvolte nella catena appenninica; le superfici di sovrascorrimento di questa ultima fase non possono essere inseriti nella dinamica spazio-temporale con cui si sono sviluppati i fronti di accavallamento della catena, e sono pertanto indicati come "sovrascorrimenti fuori sequenza". L'elemento principale di questi è rappresentato dal fronte Olevano – Antrodoco, il più esterno della Falda Sabina, che rappresenta pertanto il lineamento di separazione tra il *Dominio di transizione* ed il *Dominio di Piattaforma*.

Successivamente alla fase orogenica durante la quale si è venuto a costruire l'edificio a falde sovrapposte dell'Appennino (due delle quali sono per l'appunto la Serie di Transizione e la Serie Laziale Abruzzese) si è attivata una tettonica distensiva, connessa con lo sviluppo del

[1] D.Cosentino, M.Parotto "La struttura dell'Appennino centrale", in "Guide geologiche regionali: il Lazio".

Bacino Tirrenico, durante la quale all'interno delle falde impilate si sono create fasce ribassate ("Fosse tettoniche" o "Graben") invase dal Mare Tirreno nel Plio-Pleistocene. In tali bassi strutturali si imposta, quindi, una fase di sedimentazione, con complete sequenze trasgressive (argille-sabbie-conglomerati) note in letteratura scientifica come **CICLO NEOGENICO** (in relazione all'età) o Ciclo Sedimentario Postorogenico (in relazione alla causa che ha prodotto le aree ribassate su cui è ingredito il mare). I sedimenti terrigeni di questo ciclo sono diffusamente presenti nei Bacini intramontani, in particolare nella porzione terminale del Bacino Tiberino (Graben del Tevere), del Bacino reatino-cigolano e nella parte terminale della Valle Latina (limiti SE della Regione).

I sedimenti più recenti in affioramento nella Regione Lazio sono rappresentati dai **DEPOSITI QUATERNARI** che costituiscono le Pianure Costiere ed i fondi alluvionali delle valli fluviali. Tra i depositi recenti, maggiore interesse dal punto di vista geologico-geografico rivestono le Pianure costiere, ed in particolare l'Agro Pontino; queste sono costituite in affioramento da una fascia di depositi eolici (sabbie con orizzonti argillificati di paleosuoli) che rappresentano i cordoni dunari antichi e recenti; con una larghezza sino a qualche chilometro, separano dalla costa i depositi più interni, di origine fluvio-palustre e di natura limo-argillosa.

Una collocazione autonoma trovano i terreni flyschiodi a forte alloctonia delle **UNITA' LIGURIDI E SICILIDI**. Le formazioni appartenenti a tali Unità, costituite da marne, argilliti, calcari marnosi ed arenarie, sono di età compresa tra il Cretacico superiore e l'Oligocene, e si tratta di flysch legati alla messa in posto di una precedente e precoce catena al termine della chiusura del bacino ligure-piemontese. Nel territorio della Regione Lazio queste unità sono significativamente rappresentate in affioramento in tutto il settore dei Monti della Tolfa, in particolare con una successione argillitica con intercalazioni silicee, calcaree, marnose ed arenacee.

8.2 Geomorfologia del Lazio

M. Amodio, G. Bovina

Una breve descrizione del paesaggio fisico del Lazio può partire dalle grandi Unità o Domini geologici sopra descritti: i caratteri geologici comuni all'interno di ciascuno di loro o – al contrario – le differenze reciproche, hanno infatti chiaramente influenzato l'azione degli agenti esogeni, modellatori della superficie terrestre (gli agenti atmosferici, le acque correnti, il mare, i ghiacci). Le grandi strutture geomorfologiche sono, pertanto, praticamente coincidenti con le Unità o Domini geologici individuati: i grandi distretti vulcanici, le pianure costiere, le dorsali appenniniche carbonatiche Lepino-ausono-aurunca e Simbruino-ernica e la relativa valle di separazione (la Valle Latina), le dorsali calcareo-marnose più disarticolate delle precedenti della Sabina, la porzione terminale dalla Valle Tiberina. All'interno di queste grandi strutture geomorfologiche si raggiungono situazioni di uniformità e tipicità tali da poter definire, in alcuni casi, veri e propri ***morfotipi caratteristici***, tra i quali si possono elencare:

- ⇨ I distretti vulcanici acidi: caratterizzati da ampi ripiani ignimbritici dai quali si innalzano con fianchi relativamente ripidi i rilievi lavici cupoliformi (domi).
- ⇨ I distretti vulcanici alcalino-potassici caratterizzati da attività centrale (Vico e Colli Albani): si individuano edifici centrali ben sviluppati, di dimensioni notevoli nei Colli Albani, con la tipica forma conica troncata nella porzione superiore e fianchi a debole pendenza. In corrispondenza delle aree sommitali si individuano le ampie depressioni dovute a collassi calderici.
- ⇨ I distretti vulcanici alcalino-potassici caratterizzati da attività areale (Vulsini e Sabatini): sono morfologicamente più tabulari dei precedenti e caratterizzati dalla presenza di molti centri di emissione sparsi nell'area. Entrambi sono caratterizzati dalla presenza di una depressione vulcano-tettonica occupata da un bacino lacustre, da depressioni calderiche eccentriche (Latera per i Vulsini; Sacrofano e Baccano per i Sabatini) e da numerosi centri di emissione diffusi e morfologicamente ben individuabili (coni di scorie).
- ⇨ Il reticolo idrografico di tutti i distretti vulcanici laziali risulta fortemente caratterizzante, oltre che per il pattern di drenaggio (per lo più centrifugo) soprattutto per le pareti vallive fortemente acclivi (spesso subverticali) e gradonate, per l'alternanza fitta di litologie a diversa competenza (lave e piroclastiti); i fondi vallivi sono spesso appiattiti da fenomeni di sovralluvionamento conseguenti al sollevamento eustatico del livello marino e al ritiro dei ghiacci.
- ⇨ Il carsismo di superficie. Nel Lazio il modellamento legato a fenomeni carsici è molto spinto, e sono diffusi tutti i tipi di strutture di superficie dalla scala macroscopica a quella microscopica. Tra le prime sono molto diffusi i "bacini carsici", ampie depressioni dalle dimensioni dell'ordine del km^2 con tipiche forme a conca o allungate, a volte costituiti dalla coalescenza di diversi bacini minori (es.: Bacino di Pastena nei Monti Ausoni). Tra i bacini più importanti – per dimensioni e forma – si ricordano quelli dei Monti Ausoni-Aurunci (Pantano di Lenola, Campo Soriano, Piano delle Saure, Piano del Campo, Conca di Campodimele) e gli Altipiani di Arcinazzo nei Monti Ernici. All'interno di questi bacini si sviluppano tutte le mesoforme carsiche caratteristiche: doline, lapiez, campi carreggiati, etc.
- ⇨ Il carsismo ipogeo. Altrettanto sviluppato e studiato è il carsismo ipogeo della Regione Lazio, con circuiti carsici di inghiottitoi, pozzi e gallerie lunghi anche alcuni chilometri. Si ricordano a tal proposito le cavità presenti nel settore dei Monti Prenestini – Monti Affilani; le Grotte di Pastena negli Ausoni; l'inghiottitoio di Pietrasecca nei Monti Carseolani ed i circuiti della dorsale dei Lepini.

Assetto idrografico

La rete idrografica del territorio laziale è sostanzialmente rappresentata da due sistemi principali: quello del F. Tevere, per l'area settentrionale e quello del F. Liri – Garigliano, per l'area meridionale.

Il **F. Tevere**, con una superficie totale del bacino di circa 17.200 km^2 (di cui circa il 60% ricade nel Lazio), rappresenta la principale via d'acqua della regione. In questo ambito territoriale, il tratto iniziale ha un andamento appenninico (NW-SE) lungo il quale, in riva destra, il fiume raccoglie le acque dei versanti orientali degli apparati vulcanici vulsino, cimino, vicano e sabatino. In riva sinistra, attraverso il F. Nera riceve il contributo consistente di alcune importanti strutture carbonatiche appenniniche (Monti Sabini, Monti Reatini, Monti Cicolani). Approssimativamente all'altezza della confluenza con il F. Farfa, il F. Tevere muta direzione ed assume un andamento quasi trasversale al precedente (NNE-SSW); in questo tratto in destra idrografica riceve il drenaggio del reticolo dei versanti meridionali dell'apparato sabatino mentre in riva sinistra è rilevante il contributo del F. Aniene che drena, oltre all'intera struttura simbruina, i versanti settentrionali dei Monti Prenestini e dei Colli Albani. Come risulta anche dallo schema idrogeologico riportato in Figura 8.2 (per quanto di estrema sintesi), si osserva una profonda differenza dell'assetto idrografico dei territori in riva destra ed in riva sinistra; questa differenza è dovuta alle differenti modalità di scorrimento degli apparati vulcanici, caratterizzati da un fitto reticolo idrografico sviluppato con andamenti centrifughi, rispetto a quelle delle strutture carbonatiche, a loro volta caratterizzate da una densità di drenaggio inferiore e con andamenti direttamente collegati ai lineamenti geologico-strutturali.

Il bacino del **F. Liri – Garigliano** ha una superficie complessiva di circa 4.900 km^2 dei quali circa 3.750 km^2 interessano il Lazio. Il maggior affluente di sinistra è il F. Sacco che scorre nell'ampia Valle Latina, a prevalente andamento NW-SE; il F. Liri in riva destra riceve dapprima il contributo del F. Melfa e successivamente quello del F. Gari, dopo la cui confluenza muta drasticamente direzione e prende il nome di Garigliano. Nell'insieme il reticolo di questa porzione di territorio ha uno schema di tipo rettangolare, sostanzialmente controllato da lineamenti tettonici ad andamento appenninico (NW-SE) ed antiappenninico (NE-SW).

Anche in termini di deflusso idrico superficiale il F. Tevere ed il F. Liri-Garigliano forniscono alla regione il contributo maggiore, infatti più dell'80% del deflusso totale medio di acque continentali raggiunge le coste del Lazio e si riversa a mare attraverso questi due fiumi.

Il regime di portata del F. Tevere si differenzia nettamente tra la porzione settentrionale del bacino, che può essere considerata schematicamente esterna al territorio regionale, posta a monte della confluenza con il F. Nera, e la porzione meridionale posta a valle della stessa confluenza. Nel porzione settentrionale del bacino prevalgono affioramenti di litologie poco permeabili che determinano un regime fortemente legato al ruscellamento e quindi alla distribuzione ed all'entità delle precipitazioni. Nel settore meridionale, lungo il confine regionale, il regime di portata del fiume muta drasticamente per effetto dei contributi del sistema Nera-Velino che, drenando gli acquiferi delle strutture carbonatiche appenniniche, determina il notevole incremento e la sensibile stabilizzazione della portata. Più a valle la confluenza con il F. Aniene contribuisce ulteriormente all'aumento ed alla stabilizzazione del deflusso.

Nell'ambito del bacino idrografico del F. Liri – Garigliano le caratteristiche di permeabilità e gli andamenti morfo-topografici, prevalentemente rappresentati da depositi di piattaforma carbonatica, determinano un'elevata infiltrazione efficace e conseguentemente lo scarso sviluppo del reticolo idrografico e basso ruscellamento (Fig.8.2). Il regime di deflusso del F. Liri Garigliano, alimentato da grandi sorgenti degli acquiferi carbonatici risulta quindi particolarmente stabile, ad eccezione del F. Sacco, privo di emergenze particolarmente significative.

I bacini minori del Lazio assommano ad una superficie dell'ordine di 6.300 km^2; in termini di deflusso medio verso mare essi non superano il 20% circa del totale con un contributo stimato di circa 75 mc/sec, comprensivo delle perdite verso mare delle sorgenti sottomarine.

Partendo dal limite settentrionale e scendendo lungo costa i corsi d'acqua principali sono: F. Fiora (sup. totale del bacino pari a 826 km^2 solo parzialmente compreso nel territorio regionale), F. Marta (1071 km^2), F. Mignone (496 km^2), F. Badino (708 km^2).

Il bacino del F. Fiora è impostato su formazioni geologiche mediamente poco permeabili, rappresentate da flysch e da terreni di origine marina argilloso-sabbiosi, presenta un regime idrologico, coerente con la natura litologica degli affioramenti, caratterizzato da ruscellamento elevato nelle stagioni autunnali-invernali con portate 3- 4 volte superiori a quelle estive.

I terreni che costituiscono il bacino imbrifero del **F. Marta** sono essenzialmente di natura vulcanica e solo verso la costa sono rappresentati da depositi argillosi recenti. Essendo l'emissario del lago di Bolsena, il quale drena la gran parte dell'apparato vulcanico vulsino, nel tratto alto del proprio percorso il F. Marta ha un regime di deflusso confrontabile con quello delle grandi sorgenti lineari e puntuali dell'Italia Centrale. Proseguendo verso mare, nell'attraversare terreni a minore permeabilità, la portata del fiume risente in modo apprezzabile del ruscellamento specie nei periodi piovosi.

Nel bacino del **F. Mignone** prevalgono affioramenti poco permeabili rappresentati da flysch e depositi marini argilloso-sabbiosi, mentre i prodotti vulcanici sabatini, maggiormente permeabili, risultano subordinati. Il deflusso idrico è chiaramente influenzato dal ruscellamento che determina un regime fortemente impulsivo con episodi di piena molto rilevanti ed a rapido esaurimento.

Il F. Badino costituisce il tratto terminale di un sistema idrografico che comprende il F. Amaseno, il F. Ufente ed il Canale Linea Pio. In particolare per l'Ufente ed il Linea Pio, il deflusso è in massima parte originato dal regime delle grandi sorgenti alimentate dalle strutture carbonatiche dei Monti Lepini, poste al contatto tra i rilevi ed i depositi limoso-argillosi della Pianura Pontina. A queste si aggiunge il contributo delle emergenze che alimentano il tratto alto del F. Amaseno; queste ultime, a regime nettamente carsico, hanno per questo motivo carattere impulsivo e forniscono un apporto limitato. Alla componente di flusso delle sorgenti puntuali e lineari, poste in prossimità del bordo nord orientale della Pianura Pontina, si sommano i contributi delle acque meteoriche e di drenaggio laterale, raccolte da una fitta rete di canali di bonifica che attraversa terreni limoso-torbosi, topograficamente depressi.

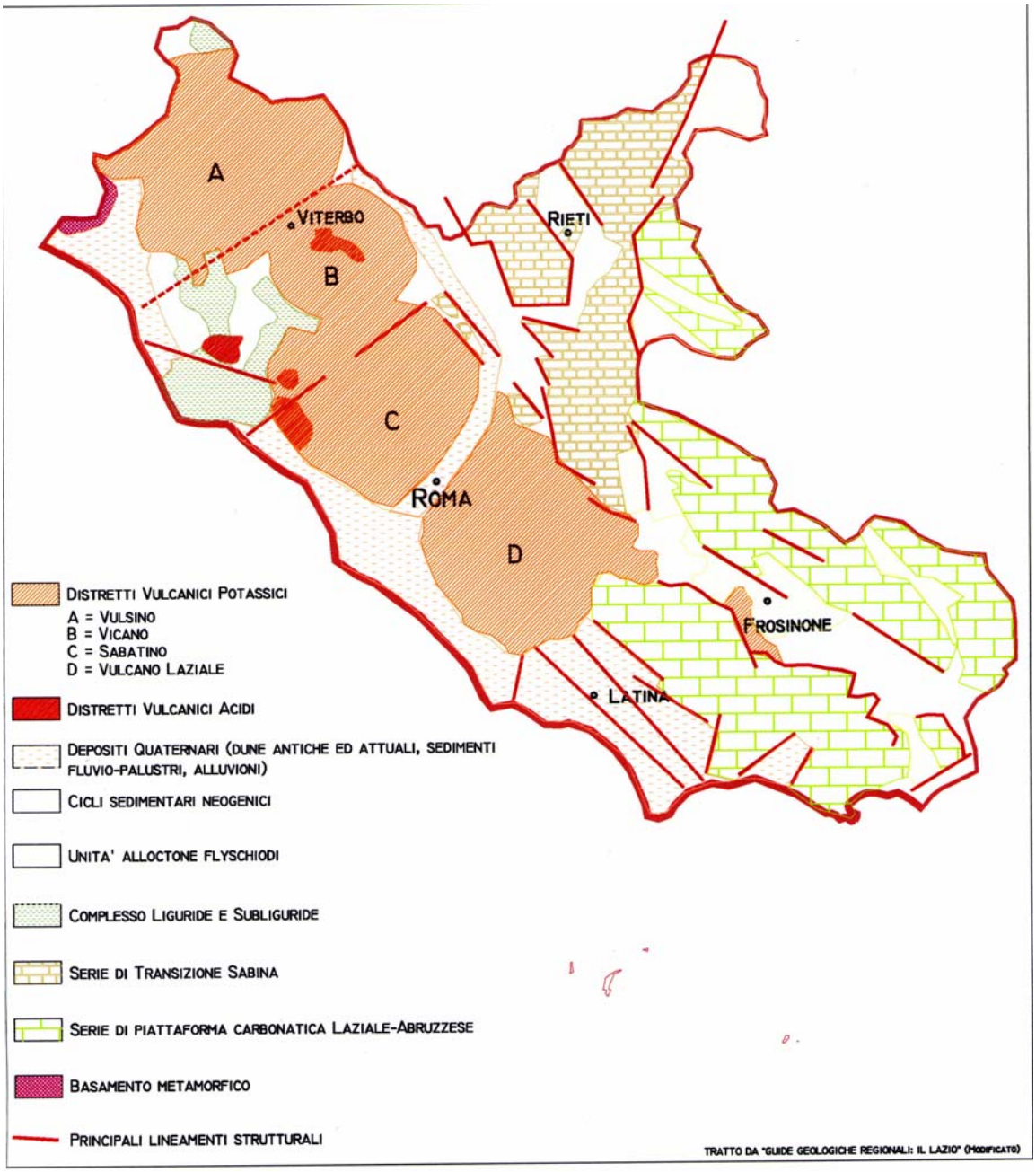

A
B
C
D
VITERBO
RIETI
ROMA
FROSINONE
LATINA
DISTRETTI VULCANICI POTASSICI
A = VULSINO
B = VICANO
C = SABATINO
D = VULCANO LAZIALE
DISTRETTI VULCANICI ACIDI
DEPOSITI QUATERNARI (DUNE ANTICHE ED ATTUALI, SEDIMENTI FLUVIO-PALUSTRI, ALLUVIONI)
CICLI SEDIMENTARI NEOGENICI
UNITA' ALLOCTONE FLYSCHIODI
COMPLESSO LIGURIDE E SUBLIGURIDE
SERIE DI TRANSIZIONE SABINA
SERIE DI PIATTAFORMA CARBONATICA LAZIALE-ABRUZZESE
BASAMENTO METAMORFICO
PRINCIPALI LINEAMENTI STRUTTURALI
TRATTO DA "GUIDE GEOLOGICHE REGIONALI: IL LAZIO" (MODIFICATO)

Fig. 8.1

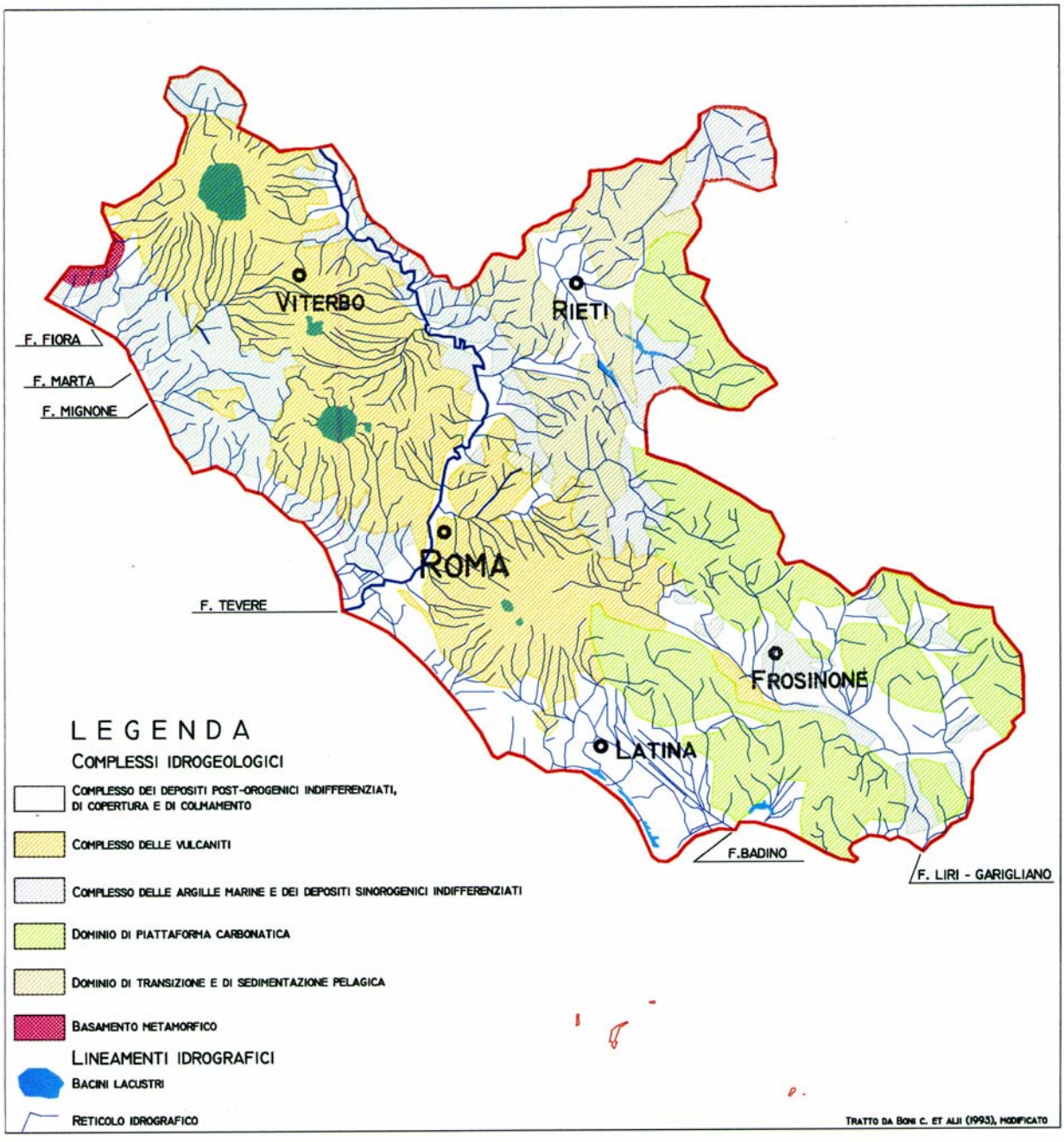

VITERBO
RIETI
ROMA
FROSINONE
LATINA
F. FIORA
F. MARTA
F. MIGNONE
F. TEVERE
F.BADINO
F. LIRI - GARIGLIANO
LEGENDA
COMPLESSI IDROGEOLOGICI
COMPLESSO DEI DEPOSITI POST-OROGENICI INDIFFERENZIATI, DI COPERTURA E DI COLMAMENTO
COMPLESSO DELLE VULCANITI
COMPLESSO DELLE ARGILLE MARINE E DEI DEPOSITI SINOROGENICI INDIFFERENZIATI
DOMINIO DI PIATTAFORMA CARBONATICA
DOMINIO DI TRANSIZIONE E DI SEDIMENTAZIONE PELAGICA
BASAMENTO METAMORFICO
LINEAMENTI IDROGRAFICI
BACINI LACUSTRI
RETICOLO IDROGRAFICO
TRATTO DA BONI C. ET ALII (1993), MODIFICATO

Fig. 8.2

8.3 Lineamenti della flora e vegetazione del Lazio

P. Cornelini, P. Petrella

Introduzione

Il paesaggio vegetale laziale è molto variegato ed i fattori che determinano tale variabilità sono, in particolare, il clima e la geomorfologia.

Il clima è articolato e si rinvengono, a secondo della distanza dalla costa, caratteri di tipo mediterraneo o temperato. Le varie vicissitudini geologiche hanno contribuito alla formazione di diversi tipi litologici. I più diffusi sono rappresentati dalle rocce calcaree della piattaforma carbonatica Laziale-Abruzzese, dalle rocce calcareo-argillose della successione Umbro-Marchigiana-Sabina, dai complessi vulcanici a magmatismo alcalino potassico, dalle arenarie, sabbie, limi e argille.

Le attività antropiche, che si espletano soprattutto, a livello basale e collinare, contribuiscono ad aumentare la variabilità della flora e della vegetazione.

La flora del Lazio (Anzalone, 1984) conta circa 3000 entità, più del 50% della flora italiana (5599, secondo Pignatti, 1982), distribuite in 898 generi e 161 famiglie.

Le famiglie più rappresentate sono *Compositae* (370), *Graminaceae* (283), *Leguminosae* (270), *Cruciferae* (149), *Caryophyllaceae* (130), *Umbelliferae* (128) e *Labiatae* (103). Il genere più numeroso è *Trifolium* con 55 entità.

Le specie rare e rarissime costituiscono il 29% del patrimonio floristico, quelle molto comuni il 30% e quelle comuni il 19,2%. Quindi quasi un terzo della flora è costituita da specie a diffusione limitata, a conferma del notevole valore della flora del Lazio.

Anche la flora officinale, che raggiunge il 26.2%, è ampiamente rappresentata.

Le principali formazioni del paesaggio vegetale laziale

Vegetazione psammofila

A causa della forte pressione antropica a cui sono soggetti i nostri litorali, ormai non è più possibile osservare la successione tipica delle fitocenosi psammofile. In generale manca quasi sempre almeno una componente della serie e queste, spesso, si distribuiscono in strutture a mosaico.

Il corteggio floristico presenta numerose specie caratteristiche di tali habitat. La comparsa di piante di altri ambienti è subordinata alla presenza di attività antropiche. Gli esempi più belli di tale vegetazione si hanno a Castelporziano ed al Circeo.

A partire dalla fascia afitoica, quella più prossima al mare, si sviluppa una associazione pioniera composta prevalentemente di terofite, quali *Cakile maritima, Salsola kali e Xanthium italicum (Salsolo-Cakiletum aegyptiaceae),* che costituiscono consorzi effimeri, frammentari ed a scarsa copertura.

A seguire è presente sulla duna embrionale una fascia dominata da *Agropyron junceum* che con i suoi rizomi costituisce il primo tentativo di stabilizzazione della sabbia. Tale cenosi è ascrivibile all'associazione *Sporobolo arenarii-Agropyretum juncei.*

Proseguendo verso l'interno, sulle dune mobili, la vegetazione è dominata da *Ammophila littoralis*, graminacea cespitosa capace di opporsi al seppellimento da parte della sabbia e di favorire l'accumulo della stessa, contribuendo in tal modo a una maggiore stabilità della duna. Le comunità vegetali presenti fanno parte dell'associazione *Echinophoro spinosae-Ammophiletum arenariae*.

Nel versante retrodunale, ove le condizioni ecologiche sono più favorevoli allo sviluppo della vegetazione in quanto la salsedine ed i venti provenienti dal mare trovano una barriera nei cordoni dunali più elevati e consolidati, si sviluppano consorzi caratterizzati da *Crucianella maritima* ascrivibili al *Crucianelletum maritimae*.

Vegetazione rupestre litoranea

Nella parte costiera meridionale della regione (Circeo, Sperlonga, Monte Orlando), sono presenti morfotipi rupestri, ove si rinvengono specie endemiche e/o di limitata distribuzione di particolare interesse tra le quali *Centaurea cineraria* ssp. c*ircae*, *Helichrysum litoraneum*, *Chamaerops humilis* (palma nana), *Campanula fragilis*, *Scabiosa holosericea*, *Limonium amyncleum* e *L. circaei*. Le comunità vegetali più significative legate alle falesie marine rientrano nell'associazione *Crithmo-Limonietum*.

Macchia

E' costituita da elementi arbustivi sempreverdi che danno luogo a formazioni per lo più impenetrabili. In generale costituiscono fitocenosi in relazione seriale di degradazione o di recupero con le foreste sempreverdi mediterranee. Le specie che caratterizzano tali comunità sono *Quercus ilex* (leccio) arbustivo, *Pistacia lentiscus (*lentisco), *Myrtus communis*, (mirto), *Rhamnus alaternus*, (alaterno), *Daphne gnidium*, *Juniperus* oxycedrus ssp. *macrocarpa*, (ginepro coccolone) *J. phoenicea* (ginepro feniceo), *Calicotome spinosa* (sparzio villoso*)*, *Olea europaea var.oleaster* (oleastro) *Phyllirea angustifolia* (fillirea) *Cistus salvifolius* (cisto femmina), *C. monspeliensis* (cisto di Montpellier) ed *Euphorbia dendroides*. A seconda delle specie dominanti si distingue:

- macchia a ginepro coccolone e ginepro fenicio (*Juniperetum macrocarpae-phoeniceae*) diffusa a Sabaudia, Torvaianica e Castelporziano;
- macchia a olivastro e lentisco (*Oleo-Lentiscetum*) presente al Circeo, nelle isole Ponziane ed ai piedi dei M. Lepini;
- macchia a mirto e calicotome (*Calicotomo-Myrtetum*) segnalata nel Lazio settentrionale;
- macchia a oleastro ed euforbia arborescente (*Oleo-Euphorbietum dendroides*) confinata sul promontorio del Circeo.

Foresta sempreverde mediterranea

Si tratta di fitocenosi quali la lecceta costiera, la lecceta collinare ad orniello e la sughereta tirrenica, tipiche della fascia mediterranea. Le relazioni seriali di tali comunità, in particolare della lecceta possono essere sintetizzate secondo lo schema:

foresta ↔ macchia ↔ gariga

Gli agenti che determinano tale dinamismo sono il fuoco, la ceduazione e il pascolo.

Lecceta costiera (*Viburno-Quercetum ilicis*)

La foresta di latifoglie sempreverdi climatogena, diffusa soprattutto nell'ambiente costiero (da Civitavecchia ai M. Aurunci) e sul M. Soratte, costituisce l'aspetto più termofilo delle leccete. Lo strato arboreo è formato esclusivamente da *Quercus ilex*, quello arbustivo da specie sempreverdi quali *Phyllirea latifolia*, *Pistacia lentiscus*, *Myrtus communis*, *Ruscus aculeatus*, *Erica arborea* (erica arborea) e *Arbutus unedo* (corbezzolo).

Nello strato erbaceo, a scarsa copertura, si rinvengono *Cyclamen repandum*, *Brachypodium sylvaticum* e *Asplenium onopteris*. Lo strato lianoso è rappresentato da *Rubia peregrina*, *Clematis flammula* e *Asparagus acutifolius*.

Lecceta collinare ad orniello (*Orno-Quercetum ilicis*)

Si rinviene in situazioni climatiche meno termofile della precedente in collina e bassa montagna. Tale fitocenosi costituisce l'interfaccia tra la foresta sempreverde e quella caducifoglia. Gli elementi arborei, in generale di piccola statura e costituenti strutture aperte, sono rappresentati da *Quercus ilex*, che assume sempre un ruolo prevalente, *Fraxinus ornus*, (Orniello), *Ostrya carpinifolia* (Carpino nero) *Quercus pubescens* (Roverella) e, raramente, *Pistacia terebinthus* (Terebinto).

Nello strato arbustivo, a densa copertura, sono presenti *Crataegus monogyna* (Biancospino), *Phyllirea latifolia*, *Arbutus unedo*, *Juniperus communis*, (Ginepro comune) *Ligustrum vulgare* (ligustro) *Viburnum tinus* (tino) e *Ruscus aculeatus*. Lo strato erbaceo è rappresentato da *Brachypodium sylvaticum*, *B. rupestre*, *Cyclamen hederifoium*, *C. repandum*, *Aplenium onopetris* e *Carex distachya*, mentre quello lianoso da *Rubia peregrina*, *Tamus communis*, *Smilax aspera*, *Hedera helix* e *Clematis vitalba*. Nel Lazio la lecceta collinare ad Orniello è presente nella Tuscia meridionale, sui Colli Albani, sul M. Soratte, lungo il corso del F.Treja e sui M. Lucretili.

Sughereta (*Cytiso-Quercetum suberis, Quercetum frainetto-suberis*)

In passato molto probabilmente occupava un areale maggiore dell'attuale. Nel Lazio si distribuisce lungo la fascia costiera ed è presente anche presso Roma (Insugherata, Acquatraversa). In tale consorzio, che predilige i substrati acidofili e ambienti più freschi della lecceta, lo strato arboreo, costituito esclusivamente da *Quercus suber* (sughera) è aperto ed è formato da esemplari ceduati di notevoli dimensioni. Lo strato arbustivo, a densa copertura, come l'erbaceo, è caratterizzato dai *Cytisus villosus* (Citiso trifloro), *Crataegus monogyna*, *Erica arborea*, *Rubus ulmifolius* (Rovo comune), *Cistus monspeliensis*, *Phyllirea latifolia*, *Osyris alba* (Ginestrella comune) e *Myrtus communis*.

Bosco di caducifoglie

Si ascrivono a questo tipo di fitocenosi il querceto misto a cerro e farnetto (*Echinopo siculi-Quercetum frainetto*), il querceto a Rovere (*Hieracio-Quercetum petraee, Coronillo emeri-quercetun cerris*), il querceto a Roverella (*Cytiso-Quercetum pubescentis, Roso sempervirenti-Quercetum pubescentis*), il bosco misto (*Melittio-Ostryetum carpinifoliae*) e la faggeta (*Aquifolio-Fagetum* e *Polysticho-Fagetum*).

Bosco misto caducifoglio a Cerro e Farnetto (Echinopo siculi-Quercetum frainetto)

Si tratta di fitocenosi caducifoglie relativamente mesofile a dominanza di *Quercus frainetto* (farnetto*)* e *Quercus cerris* (cerro). Si rinvengono nella fascia collinare e presentano un sottobosco caratterizzato da specie a baricentro balcanico. Costituisce la vegetazione climatogena della Campagna romana, per le aree più interne, e della pianura Pontina. Nel Lazio si rinvengono, tra l'altro, nella Tuscia, nel bacino del F.Treja, sul M.te Soratte ed al Circeo. Gli elementi arbustivi più diffusi sono *Crataegus monogyna*, *Carpinus orientalis* (Carpino orientale), *Fraxinus ornus*, *Rubus* sp., *Sorbus domestica* (Sorbo domestico), *S. torminalis* (Ciavardello*)* e *Ruscus aculeatus*. Nello strato erbaceo sono presenti *Festuca heterophylla*, *Viola reichembachiana*, *Lathyrus venetus* e *Cyclamen repandum*.

Querceto a rovere (Hieracio-Quercetum petraee)

E' rappresentato da fitocenosi arboree caducifoglie dominati da rovere e cerro che occupano ambienti pianeggianti o collinari e si rinvengono nella Tuscia spesso in condizioni depauperate su depositi vulcanici. Altre specie che concorrono alla formazione dello strato arboreo sono *Malus sylvestris* (melo selvatico)e *Quercus robur* (farnia). Lo strato arbustivo si presenta denso e le specie più diffuse sono *Rosa arvensis* (rosa cavallina), *Juniperus communis* e *Genista tinctoria* (ginestra minore). Lo strato erbaceo risulta molto ricco di specie e presenta una elevata copertura.

Cerrete con rovere e castagno (Coronillo emeri-Quercetum cerris)

Si tratta di fitocenosi con fisionomia di bosco a *Quercus cerris* (cerro) nelle quali entrano spesso *Quercus petraea* (rovere) e *Castanea sativa* (castagno). In molti casi sono state trasformate dall'uomo in castagneti. Sono distribuite su suoli vulcanici fertili e profondi nella fascia collinare e montana. Oltre a *Quercus cerris, Quercus petraea* e *Castanea sativa* partecipano allo strato arboreo *Prunus avium* (ciliegio), *Sorbus domestica* e *Sorbus torminalis*. In quello arbustivo sono frequenti *Mespilus germanica* (Nespolo volgare), *Coronilla emerus* (Dondolino) e *Cytisus scoparius* (Ginestra

dei carbonai). Nell'erbaceo si rinvengono, tra le altre, *Lathyrus venetus, Lathyrus niger* e *Potentilla micrantha*.

Querceto a roverella (Cytiso-Quercetum pubescentis, Roso sempervirenti-Quercetum pubescentis)

Nel settore interno dell'Appennino sono presenti querceti a *Quercus pubescens* (roverella), con strato arboreo piuttosto aperto e sottobosco caratterizzato da *Cytisus sessilifolius, Juniperus oxycedrus, Brachypodium pinnatum.*

I querceti a roverella del settore più prossimo alla costa sono riferibili al *Roso-Quercetum pubescentis*. Rispetto ai primi si arricchiscono di specie mediterranee: *Rosa sempervirens (*Rosa di S.Giovanni), *Rubia peregrina, Smilax aspera, Lonicera implexa* (caprifoglio mediterraneo), etc.

Bosco misto (Melittio-Ostryetum carpinifoliae)

Questa formazione si presenta, in genere, con fisionomia di bosco a dominanza di *Ostrya carpinifolia* (Carpino nero) e caratterizza ampi settori dell'Appennino distribuendosi prevalentemente nella fascia collinare e montana. Oltre al Carpino nero partecipa allo strato arboreo *Acer obtusatum* (l'acero d'Ungheria), *Tilia platyphyllos* (Tiglio), *Querecus pubescens* e *Fraxinus ornus*. Nello strato arbustivo sono frequenti *Laburnum anagyroides* (Maggiociondolo) e *Cytisus sessilifolius*, nell'erbaceo *Melittis melyssophyllum*, *Melica uniflora* e *Anemone apennina*.

Faggeta (Aquifolio-Fagetum e Polysticho-Fagetum)

L'associazione *Aquifolio-Fagetum* costituisce la vegetazione climacica della fascia montana sui M. Simbruini, M.Lepini, e M. Ernici, tra 700-1400 m. su pendii e altopiani esposti alle correnti atmosferiche umide. Lo strato arboreo, monospecifico, è costituito da *Fagus sylvatica* (faggio), mentre quello arbustivo è dominato da *Ilex aquifolium* (agrifoglio), specie caratteristica. Lo strato erbaceo, a scarsa copertura, ospita *Viola reichembachiana*, *Galium odoratum*, *Cyclamen hederifolium*, *Sanicula europaea*, *Lamium flexuosum*, *Geranium versicolor* ed *Aremonia agrimonoides*.

Nelle aree dove gli aspetti di maggiore continentalità prevalgono su quelli legati alle correnti umide (Terminillo, sistema Ernici-Simbruini) si diffonde la faggeta interna appenninica (*Polysticho-Fagetum*).

Le formazioni erbacee

Rappresentano fitocenosi molto diffuse nel territorio laziale e, per la maggior parte, strettamente correlate alle attività antropiche.

Nella fascia strettamente mediterranea le varie associazioni afferiscono alla classe *Thero-Brachypodietea*. In generale si presentano con copertura per lo più discontinua, di aspetto steppico e ricche di camefite e terofite. Occupano vaste superfici della regione e sono caratterizzate da numerose specie termoxerofile ad areale tipicamente mediterraneo.

Al di sopra della fascia mediterranea sono diffuse praterie ascrivibili alla classe *Festuco-Brometea*. Si tratta di pascoli steppici, perenni, meso-eutrofici e poco compatti che si rinvengono sui rilievi montuosi.

Su suoli alluvionali, lungo i corsi d'acqua e nelle piane irrigate si sviluppano aggruppamenti mesofili che presentano un'elevata copertura riferibili alla classe *Molinio-Arrhenethereteа*.

Infine nella praterie d'altitudine, che si sviluppano al di sopra del limite del bosco di faggio a contatto con i cespuglieti a *Juniperus nana* (ginepro nano) *Arctostaphylos uva-ursi* (uva ursina) *e Vaccinium myrtillus* (mirtillo), si rinvengono specie di seslerieto quali S*esleria tenuifolia*, *Carex kitaibeliana* e *Plantago atrata*. Tali fitocenosi sono limitate ai sistemi montuosi più elevati del Lazio (Monte Terminillo e Monti della Laga).

La vegetazione igrofila

La distribuzione della vegetazione igrofila è strettamente correlata alle caratteristiche ecologiche, idrauliche e geomorfologiche del corso d'acqua.

Lungo il fiume la velocità della corrente è maggiore nel corso superiore montano, a causa della maggiore pendenza dell'alveo e diviene, unitamente al trasporto solido, un fattore limitante per l'insediamento della vegetazione igrofila nell'alveo, a causa delle sollecitazioni meccaniche indotte.

Al variare dell'energia della corrente fluviale si vengono a determinare variazioni nel trasporto solido e nella sedimentazione che portano alla costituzione di alvei con materiali grossolani o con sedimenti fini, nella tipica seriazione longitudinale o trasversale, che influenzano la distribuzione delle comunità vegetali.

Anche l'elevata profondità del pelo libero costituisce un ostacolo per lo sviluppo della vegetazione radicante, che manca negli alvei principali dei fiumi. L'elevata profondità si accompagna poi, in genere, ad una scarsa trasparenza delle acque e la torbidità limita la possibilità di sviluppo delle piante. Quando la portata idraulica assume valori elevati durante le piene, la vegetazione viene sommersa e la durata del periodo di sommersione diventa un ulteriore fattore limitante lo sviluppo delle fitocenosi igrofile.

Anche il regime idraulico, che dipende in modo particolare dalla distribuzione delle precipitazioni, influisce sullo sviluppo della vegetazione. Regimi fluviali caratterizzati da portate poco variabili durante l'anno, garantiscono alla vegetazione un'habitat igrofilo, mentre regimi molto variabili creano condizioni di stress idrico che ne limitano lo sviluppo.

La vegetazione igrofila si sviluppa in accordo con i parametri sopra delineati.

La vegetazione delle acque correnti

Quando la corrente è molto veloce l'insediamento delle macrofite è impedito, mentre, invece, in presenza di un flusso abbastanza veloce, ma compatibile con la deposizione di sedimenti fini, l'insediamento delle comunità vegetali erbacee avviene con la costituzione di isole più o meno sommerse. In generale le specie che vegetano nella zona sopracorrente, nelle parti esterne della fitocenosi, presentano apparati fogliari nastriformi sommersi, in modo da porre minor resistenza al flusso dell'acqua.

Nella parte sottocorrente, verso il centro dell'isola vegetale, più riparata, si sviluppano invece specie con apparati fogliari di diverso tipo che raggiungono la superficie. In generale la struttura della vegetazione si adatta alle caratteriste idriche del corso d'acqua ed evolve con esso.

Le fitocenosi acquatiche delle correnti rapide si riferiscono all'alleanza *Ranunculion fluitans* e sono caratterizzate dalla presenza di specie del genere *Ranunculus*, sottogenere *Batrachium,* che comprende i ranuncoli d'acqua a fiori bianchi. Altre specie diffuse sono *Veronica anagallis-aquatica*, *Berula erecta, V. beccabunga* e *Apium nodiflorum* .

In presenza di correnti più lente, come nei corsi d'acqua minori o nei canali d'irrigazione, la vegetazione raggiunge il pelo libero ed assume un copertura densa. Nella classe *Potametea pectinati* si raggruppano le comunità vegetali a rizofite (radicate sul fondo) e pleustofite del tipo idrocaridi (che galleggiano liberamente sulla superficie dell'acqua e con foglie galleggianti specializzate). Le specie più frequenti sono *Hydrocharis morsus-ranae*, *Zannichellia palustris* e varie specie del genere *Potamogeton*.

La vegetazione ripariale legnosa

La vegetazione ripariale legnosa è condizionata da particolari condizioni ecologiche legate al rapporto con la falda che ne determina un carattere di azonalità rispetto alle fitocenosi terrestri della serie climacica con le quali entra in contatto.

La sua distribuzione sul territorio avviene con differenti e caratteristiche associazioni secondo una zonazione longitudinale lungo il corso d'acqua ed una trasversale allo stesso.

Dalle sorgenti alla foce il fiume incontra situazioni climatiche, ecologiche e geomorfologiche differenti legate all'altitudine, alla portata ed al regime idraulico, alla velocità dell'acqua, alla granulometria dell'alveo, alle caratteristiche chimico-fisiche delle acque, etc., che determinano situazioni diverse nel corso superiore, in quello medio e nell'inferiore. Mentre nel corso superiore montano la pendenza elevata, che determina una notevole capacità erosiva e di trasporto solido, può arrivare ad essere incompatibile con la presenza di associazioni vegetali in alveo o, nelle situazioni di minore energia cinetica al massimo con saliceti arbustivi, nelle parti inferiori del bacino trovano spazio ecologico le formazioni ripariali arboree di salici, pioppi e ontani.

Per quanto riguarda la zonazione trasversale dei fiumi italiani, che dipende principalmente dai vari livelli di piena e dalle caratteristiche geometriche, morfologiche e granulometriche dell'alveo, possiamo far riferimento ad uno schema, peraltro analogo a quello dei fiumi europei, che vede a partire dalle sponde le formazioni a legno tenero di salici e pioppi che entrano in contatto sul terrazzo fluviale con le formazioni di legno duro a querce, frassini e olmi.

Vengono di seguito descritte le fitocenosi ripariali legnose dei corsi d'acqua laziali secondo lo schema di Pedrotti e Gafta, che rientrano negli ordini sintassonomici *Salicetalia purpureae e Populetalia albae*

Salicetalia purpureae

Comprende le associazioni pioniere arbustive ed arboree delle rive soggette a frequenti e prolungate piene e si distinguono in:

Arbusteti pionieri su alluvioni grossolane caratterizzati da salici arbustivi (*Salicion eleagni*)

Costituiscono cespuglieti e boscaglie, ad elevati valori di copertura, dominati da *Salix purpurea* (salice rosso), *Salix eleagnos* (salice ripaiolo) e *Populus nigra* (pioppo nero) sui greti sassosi dei torrenti appenninici nel corso superiore, potendo giungere a colonizzare i depositi alluvionali delle isole fluviali. Lo strato erbaceo comprende numerose specie caratteristiche sia dei greti sia degli ambienti circostanti quali *Saponaria officinalis, Equisetum arvense, Rumex conglomeratus, Ranunculus repens, Urtica dioica, etc.*

Dal punto di vista fitosociologico questi consorzi sono inquadrati nell'associazione *Saponario-Salicetum purpureae,*che nel Lazio è stata segnalata ad Atina (Fr) e sul M.Terminillo.

Boscaglie su alluvioni fini caratterizzate da salici (Salicion albae)

Rappresentano associazioni pioniere sulle sponde prevalentemente sabbiose del corso medio ed inferiore dei fiumi, con suoli non evoluti a basso tenore di humus e frequentemente sommerse dalle piene.

Lo strato arboreo è dominato fisionomicamente da *Salix alba* (salice bianco) con, in subordine, *Populus nigra, mentre* nello strato arbustivo, a copertura rada, compaiono *Sambucus nigra* (sambuco comune), *Populus nigra e Salix alba;* nell'erbaceo, sottoposto a continuo disturbo da parte delle piene si trovano specie ruderali e sinantropiche quali *Artemisia vulgaris, Parietaria diffusa, Urtica dioica,* etc.

Populetalia albae

L'ordine comprende le associazioni che si insediano sui terrazzi fluviali nelle zone meno frequentemente raggiunte dalle piene, su suoli alluvionali evoluti o su suoli zonali con varianti determinate da processi di gleyficazione.

Boschi di pioppi e frassino ossifillo (Populion albae)

Occupano, in genere, le stazioni poste sui terrazzi più elevati dei saliceti, nei corsi medi ed inferiori dei fiumi. Nei pioppeti del *Populetum albae* lo strato arboreo è caratterizzato da *Populus alba*

(pioppo bianco), *Populus nigra, Ulmus minor* (olmo comune)*, Fraxinus oxycarpa* (frassino ossifillo), mentre nell'arbustivo, ben rappresentato, si trovano *Euonymus europaeus* (berretta da prete), *Crataegus monogyna, Ligustrum vulgare, Cornus sanguinea e Sambucus nigra.* Lo strato erbaceo è caratterizzato da *Carex pendula, Stachys sylvatica, Vinca minor, Lythrum salicaria, Melissa officinalis, etc.*

Nella fascia costiera laziale si trova anche un frassineto a *Fraxinus oxycarpa* riferibile all'associazione *Carici remotae-Fraxinetum oxycarpae* con *Ulmus minor, Populus alba e Quercus robur* (farnia), con uno strato arbustivo simile a quello del *Populetum albae* ed uno strato erbaceo a *Carex pendula, Carex remota, Ranunculus lanuginosus, Brachypodium sylvaticum, etc.*

Alcuni lembi di foresta della tenuta di Castel Porziano possono ascriversi al *Fraxino oxycarpae–Quercetum roboris,* un querceto dei depositi alluvionali più alti, eccezionalmente raggiunti dalle piene, su substrati misti sabbiosi, ove si formano suoli profondi e ricchi di humus, ma con caratteriche di gleyficazione.

Lo strato arboreo è dominato da *Quercus robur*, accompagnato da *Fraxinus oxycarpa, Ulmus minor, Populus alba, Populus nigra, Acer campestre,* mentre l'arbustivo da *Fraxinus oxycarpa, Ulmus minor, Acer campestre, Crataegus monogyna, Cornus sanguinea, Prunus spinosa.* Nello strato erbaceo, ben rappresentato si trovano *Carex pendula, Carex remota, Carex sylvatica, Brachypodium sylvaticum, Viola reichembachiana, etc.*

Boschi di ontani (Alno-Ulmion)

Tali ontanete sono diffuse lungo la catena appenninica laziale e sono costituite da uno strato arboreo monospecifico ad *Alnus glutinosa* (ontano comune), con un sottobosco a *Rubus caesius* (rovo bluastro), *Arum italicum, Carex pendula Humulus lupulus, Eupatorium cannabinum, Brachypodium sylvaticum, etc.*

La vegetazione delle acque stagnanti

Nelle situazioni di acque stagnanti o debolmente fluenti si sviluppano fitocenosi flottanti o affioranti ascrivibili all'alleanza *Nymphaeion albae,* caratterizzate dalle "*ninfeidi"* (con fusti ancorati al fondo e foglie galleggianti), quali, tra l'altro, *Nuphar luteum*, *Nymphoides peltata, Myriophyllum verticillatum* e *Ninphaea alba*.

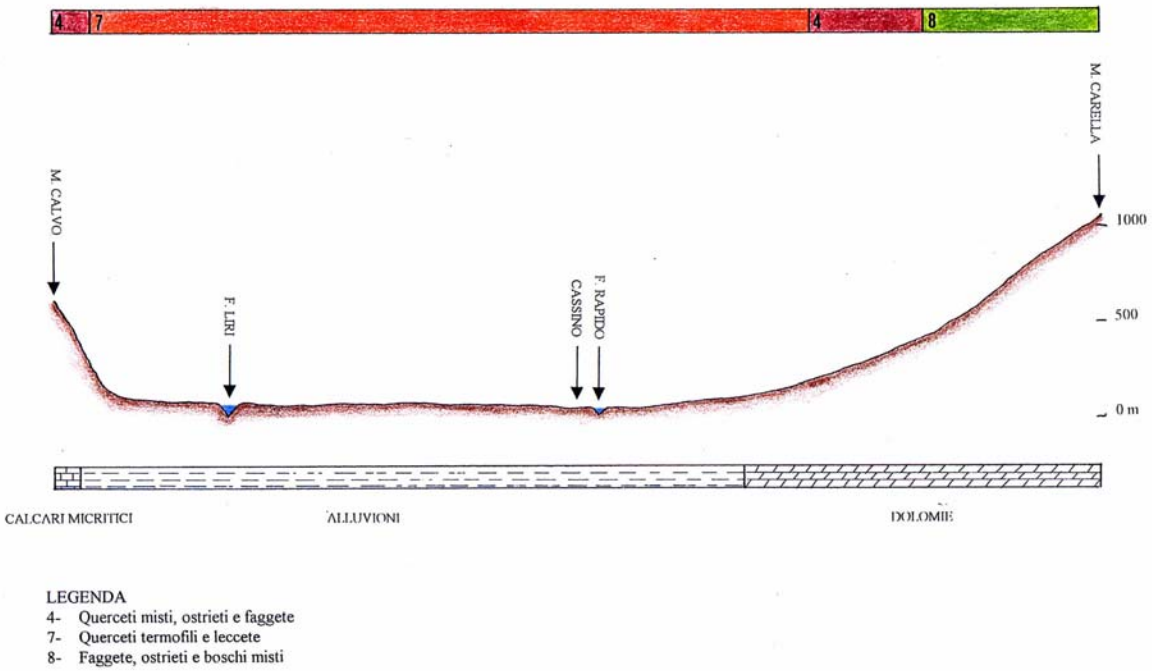
Nell'ambiente palustre, piuttosto diffuso nel Lazio, la vegetazione è caratterizzata da consorzi a *Phragmites australis, Typha* sp. pl. e *Schoenoplectus lacustris,* che rientrano nell'alleanza *Phragmition australis*. Queste fitocenosi si sviluppano in ambienti legati a processi di interramento e si distribuiscono secondo una precisa zonazione dove, procedendo verso il corpo idrico, il fragmiteto occupa la prima fascia, seguito dal tifeto e, in acqua, dallo scirpeto che, rappresenta, quindi, l'aspetto pionieristico del canneto.

A ridosso delle comunità dell'alleanza *Phragmition*, in particolare del fragmiteto, verso l'entroterra si sviluppano le fitocenosi a grandi carici appartenenti all'alleanza *Magnocaricion*. Generalmente queste associazioni si trovano a diretto contatto con i boschi ripariali ed i boschi umidi. Le specie più diffuse sono *Carex riparia e C. pseudocyperus.*

Sempre nell'ambito palustre dove l'acqua è poco profonda ed evidenzia una certa mobilità e limpidezza si sviluppa una vegetazione ascrivibile all'alleanza *Sparganio-Glycerion fluituans*. Le specie che più frequentemente ricorrono sono *Apium nodiflorum*, *Veronica anagallis aquatica*, *Glyceria fluitans* e *Nasturtium officinale*.

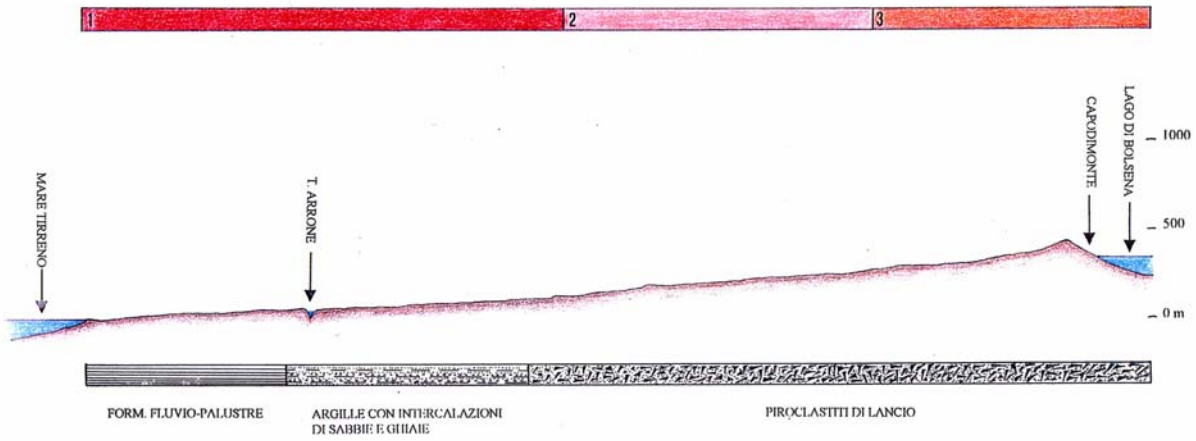
Le comunità vegetali appartenenti alle classi *Lemnetea minoris* prevalgono particolarmente diffuse nei canali dell'Agro Pontino e sono caratterizzate da pleustofite (idrofite sommerse o liberamente natanti in superficie, senza apparato radicante) di piccole dimensioni che costituiscono fitocenosi libere e flottanti sulla superficie dell'acqua. Le specie più diffuse e note appartengono ai generi *Azolla*, *Lemna*, *Spirodela*, *Wollfia* e *Salvinia*.

Si riportano quattro transetti significativi realizzati in aree interessate da interventi di sistemazioni idrauliche con tecniche di ingegneria naturalistica.



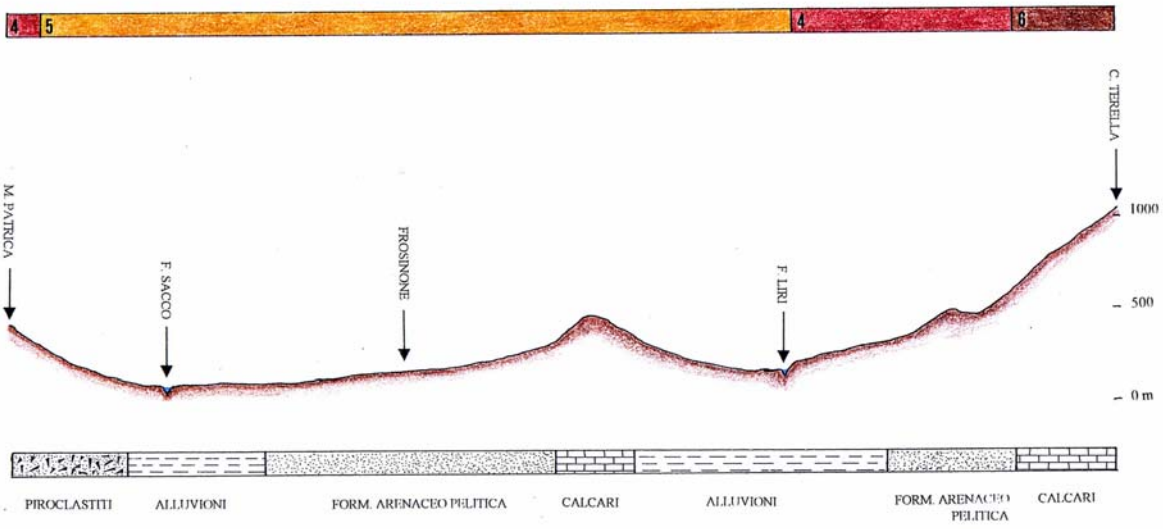
LEGENDA
4- Querceti misti, ostrieti e faggete
7- Querceti termofili e leccete
8- Faggete, ostrieti e boschi misti

Fig. 8.3 - Transetto 1



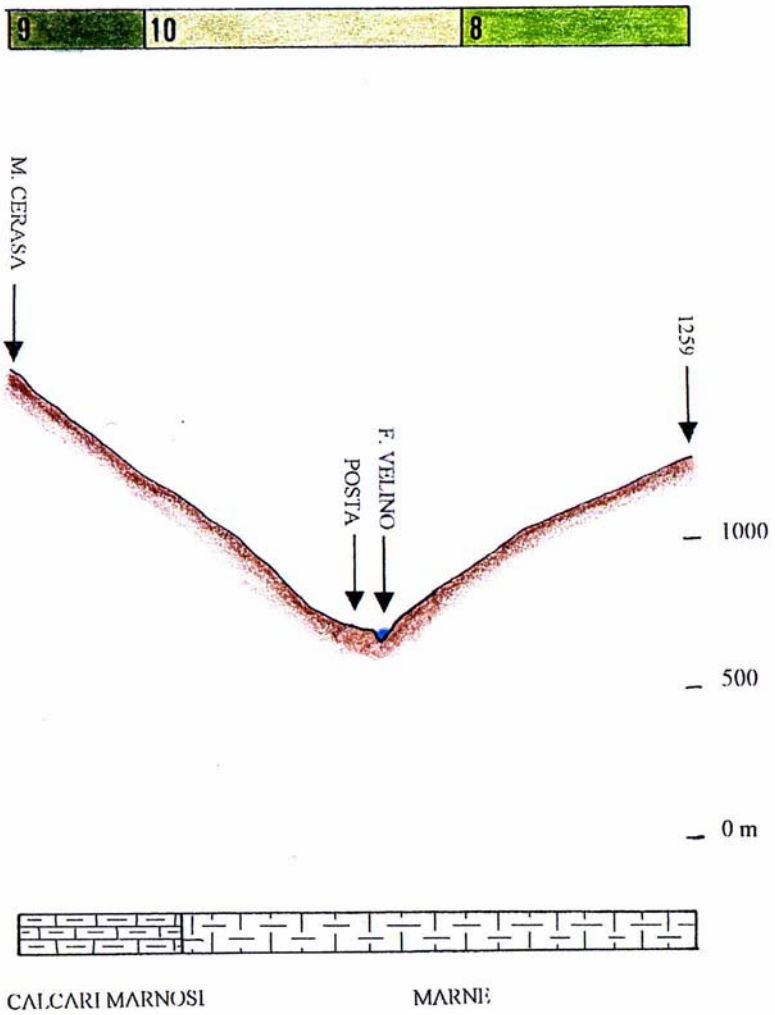
LEGENDA
1- Macchia mediterranea e querceti termofili
2- Cerrete e querceti misti termofili
3- Cerrete e querceti misti

Fig. 8.4 - Transetto 2



LEGENDA
4- Querceti misti, ostrieti e faggete
5- Querceti termo-mesofili
6- Ostrieti, boschi misti e faggete

Fig. 8.5 - Transetto 3



LEGENDA
8- Faggete, ostrieti e boschi misti
9- Faggete e arbusteti alto montani
10- Ostrieti e boschi misti, querceti termofili

Fig. 8.6 - Transetto 4

8.4 Lineamenti del fitoclima del Lazio

P. Cornelini, P. Petrella

Introduzione

L'Italia, a causa delle sue caratteristiche geografiche e geomorfologiche presenta una grande varietà di condizioni climatiche, che tuttavia dal punto di vista del rapporto clima-piante possono ricondursi alle due grandi regioni bioclimatiche temperata e mediterranea.

Il bioclima mediterraneo si differenzia essenzialmente da quello temperato per la presenza di un periodo di aridità estivo (evento raro sulla superficie terrestre ove, di norma, in estate, per l'aumento della evaporazione marina, aumentano le precipitazioni) e per temperature medie annuali più elevate, con numerose differenziazioni al suo interno, in funzione della latitudine, altitudine e distanza dal mare.

Il confine tra le due regioni veniva individuato (Pignatti, 1979 e 1988) lungo lo spartiacque dell'Appennino Tosco-Emiliano, con la Pianura Padana e l'arco alpino da una parte e la Liguria con la penisola e le isole dall'altra. Recenti studi, che applicano gli indici di Rivas-Martinez ed estendono a livello nazionale le analisi fitoclimatiche del Lazio e della Campania (Blasi, 1996), stabiliscono l'appartenenza di gran parte della catena appenninica alla Regione temperata, spostando verso sud il confine tra le due grandi regioni bioclimatiche.

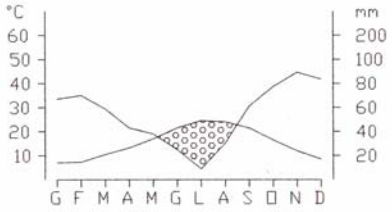
La correlazione tra le tipologie vegetazionali ed il clima è stata ampiamente dimostrata e gli studi fitoclimatici risultano fondamentali per gli studi fitosociologici e fitogeografici della vegetazione di un territorio.

Uno studio sul fitoclima del Lazio (Blasi, 1994) ha esaminato i rapporti tra il clima e la vegetazione individuando 15 unità fitoclimatiche, appartenenti a quattro regioni bioclimatiche, definite in base ai dati di temperatura e precipitazione (1985-1955), integrati con alcuni indici bioclimatici ed il censimento delle specie legnose. Lo studio descrive inoltre ogni unità fitoclimatica in termini floristici e fitosociologici, individuando delle "macroserie" di vegetazione. Nel rimandare per gli approfondimenti allo studio suddetto, viene presentata una sintesi delle informazioni , sia in termini di tabelle riassuntive che di descrizione.

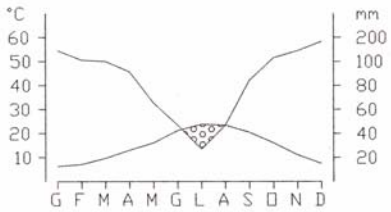
Vengono inoltre riportati alcuni diagrammi ombrotermici di Bagnouls-Gaussen, che forniscono un utile strumento nelle classificazioni climatiche, offrendo una rappresentazione delle variazioni delle temperature e precipitazioni nel corso dell'anno.

Diagrammi di Bagnouls-Gaussen rappresentativi delle Regioni Fitoclimatiche

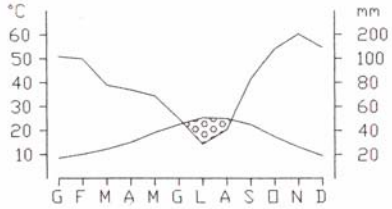
Tarquinia (145m)



Frosinone (252m)



Cassino (60m)



Posta (721m)

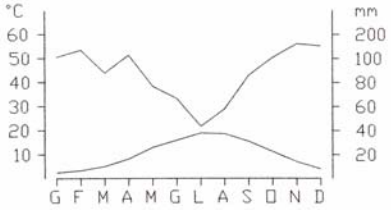


Fig. 8.6

Le 15 unità fitoclimatiche sono state accorpate, per una analisi semplificata, nelle quattro grandi Regioni fitoclimatiche (Fig. 8.7):

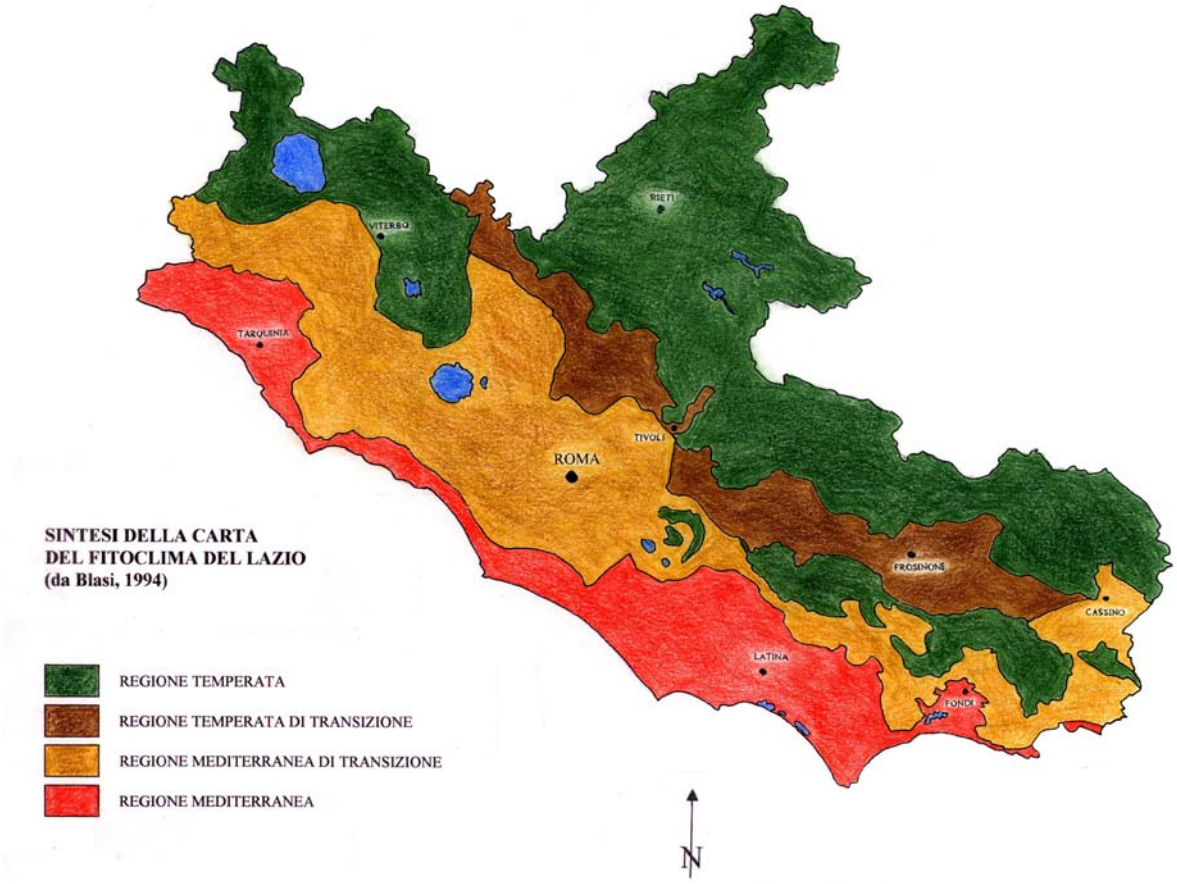


Fig. 8.7

Regione mediterranea (Tab. 8.1)

Comprende la zona litoranea del Lazio ed è caratterizzata da condizioni climatiche caldo- aride; si va dagli aspetti più xerici della macchia mediterranea delle Isole Ponziane caratterizzate da precipitazioni annue di 649 mm. con aridità estiva di 5 mesi e temperatura media delle minime del mese più freddo di 8,3°, ai querceti misti di caducifoglie dell'Agro Pontino, con precipitazioni annue di 1133 mm., aridità estiva di 4 mesi e temperatura media delle minime del mese più freddo di circa 4°.

Le unità fitoclimatiche di transizione tra questi estremi vanno dalle formazioni sempreverdi di leccio e sughera a quelle dei querceti di caducifoglie a roverella.

Come diagramma di Bagnouls-Gaussen rappresentativo è stato scelto quello di Tarquinia (Fig. 8.6).

Regione mediterranea di transizione (Tab. 8.2)

La fascia di territorio della Maremma laziale interna, della regione tolfetana e sabatina, della Campagna Romana, dei Colli Albani e dei versanti sud-occidentali dell'Antiappennino meridionale, fino alla piana di Pontecorvo e Cassino è caratterizzata da un clima con precipitazioni annuali comprese tra 810 e 1519 mm., una l'aridità estiva ridotta a due o tre mesi ed una temperatura media delle minime del mese più freddo intorno ai 2,3° -4 °.

La vegetazione forestale prevalente è rappresentata dalle leccete, dai querceti a Roverella e dalle cerrete. Come diagramma di Bagnouls-Gaussen rappresentativo è riportato quello di Cassino (Fig. 8.6).

Regione temperata di transizione (Tab. 8.3)

I querceti a roverella e cerro con elementi della flora mediterranea occupano la valle del F.Tevere tra Orte e Monterotondo e la valle del F.Sacco tra Zagarolo ed Aquino.

Le precipitazioni vanno dai 954 ai 1233 mm. e l'aridità estiva è di uno o due mesi; la temperatura media delle minime del mese più freddo è inferiore a 0° e distingue questa regione rispetto alle precedenti. Il diagramma di Bagnouls-Gaussen riportato come rappresentativo è quello di Frosinone (Fig. 8.6).

Regione temperata (Tab. 8.4)

Tale fitoclima si riscontra nella parte del Lazio a maggior distanza dal mare e sui rilievi montuosi, comprendendo la regione vulsina e vicana, l'Appennino reatino, l'Antiappennino meridionale (Lepini, Ausoni, Aurunci), le vette dei Colli Albani, i M.Simbruini ed i M. Ernici.

Le precipitazioni sono in genere abbondanti, fino a 1614 mm., l'aridità estiva è assente o poco accentuata, mentre la temperatura media delle minime del mese più freddo è in genere inferiore a 0°. Tali condizioni climatiche favoriscono una vegetazione forestale che, nelle parti più elevate, è dominata dagli arbusteti altomontani e dalla faggeta, mentre nelle zone pedemontane e nelle valli è rappresentata dagli Ostrieti e dai querceti misti di Roverella e Cerro.

Il diagramma di Bagnouls-Gaussen di Posta evidenzia l'assenza del periodo di aridità estiva (Fig. 8.6)..

Considerazioni per l'impiego delle specie vegetali negli interventi di ingegneria naturalistica

Tale distribuzione fitoclimatica per fasce caratteristiche in funzione della distanza dal mare e dell'altitudine, con una regione temperata a precipitazioni abbondanti ed assenza di aridità estiva e con regioni di transizione fino alla regione Mediterranea costiera calda, con aridità estiva fino a 5 mesi, pone problematiche differenti per un impiego con successo delle tecniche di ingegneria naturalistica nel Lazio.

Le maggiori esperienze di utilizzo delle tecniche di ingegneria naturalistica risultano, infatti, in ambiti climatici diversi da quello mediterraneo, con situazioni ecologiche meno sfavorevoli all'attecchimento delle specie vegetali. L'ambiente storico di impiego delle tecniche di I.N. è infatti quello delle regioni dell'arco alpino, caratterizzato da un clima più mesofilo (più fresco, più umido e con estati senza grossi stress idrici) di quello mediterraneo. Tali condizioni sono assimilabili a quelle delle zone dell'interno del Lazio, ove è quindi possibile, con le necessarie trasposizioni alle realtà locali, un impiego delle specie vegetali con modalità di intervento molto simili a quelle delle zone dell'arco alpino.

I problemi legati all'utilizzo delle piante vive in ambito mediterraneo sono invece:

- la presenza di un periodo estivo xerico con stress idrico, che ha determinato nelle piante mediterranee una serie di adattamenti biologici (sclerofillia, tomentosità, etc.);

- la presenza di una stagione vegetativa più lunga di quella delle regioni alpine, con conseguente periodo più breve per l'utilizzo di specie con capacità di riproduzione vegetativa, quali i salici o le tamerici, le cui talee si raccolgono tipicamente nella stagione del riposo vegetativo

- la difficile reperibilità del materiale vivaistico, sia dal punto di vista qualitativo che quantitativo.

Ne deriva la necessità di maggiori accorgimenti per la scelta delle specie vegetali per gli interventi di ingegneria naturalistica, in quanto le specie autoctone di comune impiego e maggiormente reperibili nei vivai non sempre garantiscono l'attecchimento nelle condizioni ecologiche difficili dell'ambiente mediterraneo. Analogamente l'utilizzo massiccio dei salici, se risulta compatibile, dal punto di vista ecologico, con le caratteristiche delle stazioni umide, quali quelle delle sistemazioni idrauliche, va ben valutato nelle altre situazioni ambientali. Emerge quindi la esigenza del reperimento di specie xerofile mediterranee erbacee, arbustive ed arboree, che non sempre il mercato vivaistico pubblico o privato è in grado di soddisfare.

Esiste inoltre il problema, soprattutto nelle aree protette, della provenienza del materiale vivaistico anche per le specie autoctone, per il pericolo dell'inquinamento genetico dovuto a razze, varietà o cultivar provenienti da altre regioni o addirittura nazioni.

Tabella 8.1

REGIONE MEDITERRANEA							
TERMOTIPO	**OMBROTIPO**	**P. annua (mm)**	**P. estiva (mm)**	**Aridità estiva**	**T. media delle minime del mese più freddo**	**VEGETAZIONE FORESTALE PREVALENTE**	**SERIE DELLA VEGETAZIONE**
Mesomediterraneo inferiore	Submido superiore	842-966	64-89	Maggio, Giugno, Luglio e Agosto	da 3,6° a 5,5°C	Cerrete, boschi di sughera, querceti misti, boschi meso-igrofili, macchia mediterranea, leccete con alloro e corbezzolo	Cerro: *Teucrio siculi-Quercion cerridis* Leccio e sughera: *Quercion ilicis* Macchia: *Quercion ilicis* Frassino meridionale: *Alno-Ulmion*
Mesomediterraneo inferiore	Secco superiore/ Subumido inferiore	593-811	53-71	Maggio, Giugno, Luglio e Agosto	da 3,7° a 6,8°C	Querceti con roverella, leccio e sughera, cerrete con farnetto, macchia mediterranea	Roverella e cerro: *Lonicero-Quercion pubescentis; Ostryo-Carpinion orientalis* Macchia: *Quercion ilicis*
Termomediterraneo superiore	Umido inferiore/ Submido superiore	727-1133	61-83	Maggio, Giugno, Luglio e Agosto	da 6,6° a 7,1°C	Leccete e sugherete, macchia mediterranea, querceti misti con roverella, carpino nero e c. orientale	Leccio: *Quercion ilicis*
Termomediterraneo superiore	Submido inferiore	649	48	Aprile, Maggio, Giugno, Luglio e Agosto	8,3°C	Macchia mediterranea	Ginepro fenicio e oleastro: *Oleo-Ceratonion*

Tabella 8.2

REGIONE MEDITERRANEA DI TRANSIZIONE							
TERMOTIPO	**OMBROTIPO**	**P. annua (mm)**	**P. estiva (mm)**	**Aridità estiva**	**T. media delle minime del mese più freddo**	**VEGETAZIONE FORESTALE PREVALENTE**	**SERIE DELLA VEGETAZIONE**
Mesomediterraneo medio o Collinare inferiore	Subumido superiore	810-940	75-123	Giugno, Luglio e Agosto	da 2,3° a 4°C	Cerrete, querceti misti di roverella e cerro con elementi del bosco di leccio e di sughera	Cerro: *Teucrio siculi-Quercion cerridis* Roverella e cerro: *Ostryo-Carpinion orientalis* Leccio e sughera: *Quercion ilicis*
Mesomediterraneo inferiore o Termocollinare	Umido inferiore	1132-1519	96-130	Luglio e Agosto	4,4°C	Querceti a roverella, leccete e boschi misti	Carpino nero: *Ostryo-Carpinion orientalis* Roverella e cerro: *Ostryo-Carpinion orientalis* Leccio: *Quercion ilicis*
Mesomediterraneo medio	Subumido superiore/Umido inferiore	822-1110	84-127	non elevata	da 3,4° a 4°C	Cerrete, cerrete con roverella, leccete, castagneti, lembi di boschi mesofili a carpino bianco e nocciolo	Faggio e carpino bianco: *Aquifolio-Fagion* Cerro: *Teucrio siculi-Quercion cerridis* Roverella e cerro: *Ostryo-Carpinion orientalis*

Tabella 8.3

REGIONE TEMPERATA DI TRANSIZIONE							
TERMOTIPO	**OMBROTIPO**	**P. annua (mm)**	**P. estiva (mm)**	**Aridità estiva**	**T. media delle minime del mese più freddo**	**VEGETAZIONE FORESTALE PREVALENTE**	**SERIE DELLA VEGETAZIONE**
Collinare inferiore/superiore o Mesomediterraneo superiore	Umido inferiore	954-1166	103-163	Luglio e Agosto	< 0° (-0,3°C)	Querceti a roverella e cerro con elementi della flora mediterranea. Vegetazione a salici, pioppi e ontani	Cerro: *Teucrio siculi-Quercion cerridis* Roverella e cerro*:* *Ostryo-Carpinion orientalis* Ontano nero, Salici e Pioppi: *Alno-Ulmion Salicion albae*
Collinare inferiore o Mesomediterraneo medio	Umido inferiore	1098-1233	107-135	uno o due mesi	assenza dati	Querceti con elementi della flora mediterranea	Roverella e cerro: *Ostryo-Carpinion orientalis* Carpino nero: *Ostryo-Carpinion orientalis* Cerro*:* *Teucrio siculi-Quercion cerridis* Ontano nero, Salici e Pioppi*:* *Alno-Ulmion Salicion albae*

Tabella 8.4

REGIONE TEMPERATA							
TERMOTIPO	**OMBROTIPO**	**P. annua (mm)**	**P. estiva (mm)**	**Aridità estiva**	**T. media delle minime del mese più freddo**	**VEGETAZIONE FORESTALE PREVALENTE**	**SERIE DELLA VEGETAZIONE**
Subalpino inferiore	Iperumido inferiore	1614	277	–	< 0° (-4°C)	Faggete ed arbusteti alto montani	Ginepro alpino*:* *Juniperion nanae* Faggio*:* *Fagion sylvaticae*
Montano inferiore	Umido superiore/Iperumido inferiore	1247-1558	160-205	–	< 0° (-2,1°C)	Faggete, ostrieti e boschi misti	Faggio: *Fagion sylvaticae* *Aquifolio-Fagion* Rovere e castagno: *Aquifolio-Fagion* *Teucrio siculi* *Quercion cerridi* Carpino nero: *Laburno-Ostrion*
Collinare superiore (Submontano)	Umido superiore	1161-1432	140-200	–	tra -1,8 e +1,5°C	Ostrieti e boschi misti, querceti a roverella	Carpino nero: *Laburno-Ostryon* Roverella: *Quercion pubescenti-petraeae*
Collinare superiore (Submontano)	Iperumido inferiore	1431-1606	173-200	–	> 0°C	Faggete, ostrieti, boschi misti, e querceti	Faggio: *Aquifolio-Fagion* Carpino nero: *Laburno-Ostryon* *Ostryo-Carpinion orientalis* Roverella e cerro: *Quercion pubescenti-petraeae* *Ostryo-Carpinion orientalis*
Collinare inferiore/superiore	Umido superiore/Iperumido inferiore	1234-1463	123-160	Debole (Luglio e Agosto)	tra 1,9 e 2,9°C	Faggete, ostrieti, querceti misti e leccete	Faggio: *Aquifolio-Fagion* Carpino nero: *Ostryo-Carpinion orientalis* Roverella e cerro: *Quercion pubescenti-petraeae* Leccio: *Quercion ilicis*
Collinare inferiore/superiore	Subumido superiore/Umido inferiore	775-1214	112-152	Debole (Luglio e Agosto)	tra 1,2 e 2,9°C	Cerrete, querceti misti e castagneti	Carpino bianco e tiglio: *Aquifolio-Fagion* Cerro e rovere: *Teucrio siculi* *Quercion cerridis* Roverella e cerro: *Lonicero-Quercion pubescentis*

CAPITOLO 9

CRITERI PER LE SISTEMAZIONI IDRAULICHE CON TECNICHE DI INGEGNERIA NATURALISTICA

F. Preti

Premessa

Trattando la "trasferibilità delle tipologie di intervento", si è osservato che, per quanto riguarda gli interventi di sistemazione idraulica "a compatibilità ambientale", la Regione lazio presenta varie "possibilità di impiego delle tecniche di I.N. in alveo, soprattutto nel corso medio ed inferiore al di sopra del livello di morbida, tenuto conto anche delle necessità di riqualificazione dei reticoli artificializzati di pianura e delle problematiche costiere mediterranee".

Qualunque tipo di intervento sui corsi d'acqua presuppone un'adeguata conoscenza del sistema fisico e dei principali fenomeni che in essi si svolgono. In funzione degli obiettivi previsti è necessario definire le caratteristiche *idrologiche* ed *idrauliche* (regime delle portate, scabrezza), *morfologiche* (rilievo delle sezioni, profilo plano-altimetrico) e *sedimentologiche* (trasporto solido, granulometria), sulla base dei dati disponibili integrati eventualmente con apposite campagne di rilievi.

L'analisi e l'elaborazione dei dati raccolti, insieme alle equazioni descriventi i principali processi fisici, devono consentire una corretta rappresentazione dei fenomeni considerati (es., formazione e propagazione delle onde di piena, evoluzione morfologica degli alvei).

Lo studio delle influenze della (e sulla) vegetazione in alveo e sulle sponde è una premessa fondamentale per l'applicazione delle tecniche di I.N. e per i progetti di rinaturalizzazione di corsi d'acqua antropizzati: per fornirne un quadro complessivo si può fare riferimento allo schema illustrato in Fig. 9.1. Le varie interazioni vegetazione-alveo verranno trattate ed analizzate nei paragrafi successivi cercando di fornire un quadro generale dello stato dell'arte sull'argomento con particolare riferimento alle problematiche tecniche ed ai risultati sperimentali acquisiti, rimandando alla bibliografia citata per eventuali approfondimenti e ad una parte seguente per gli aspetti applicativi.

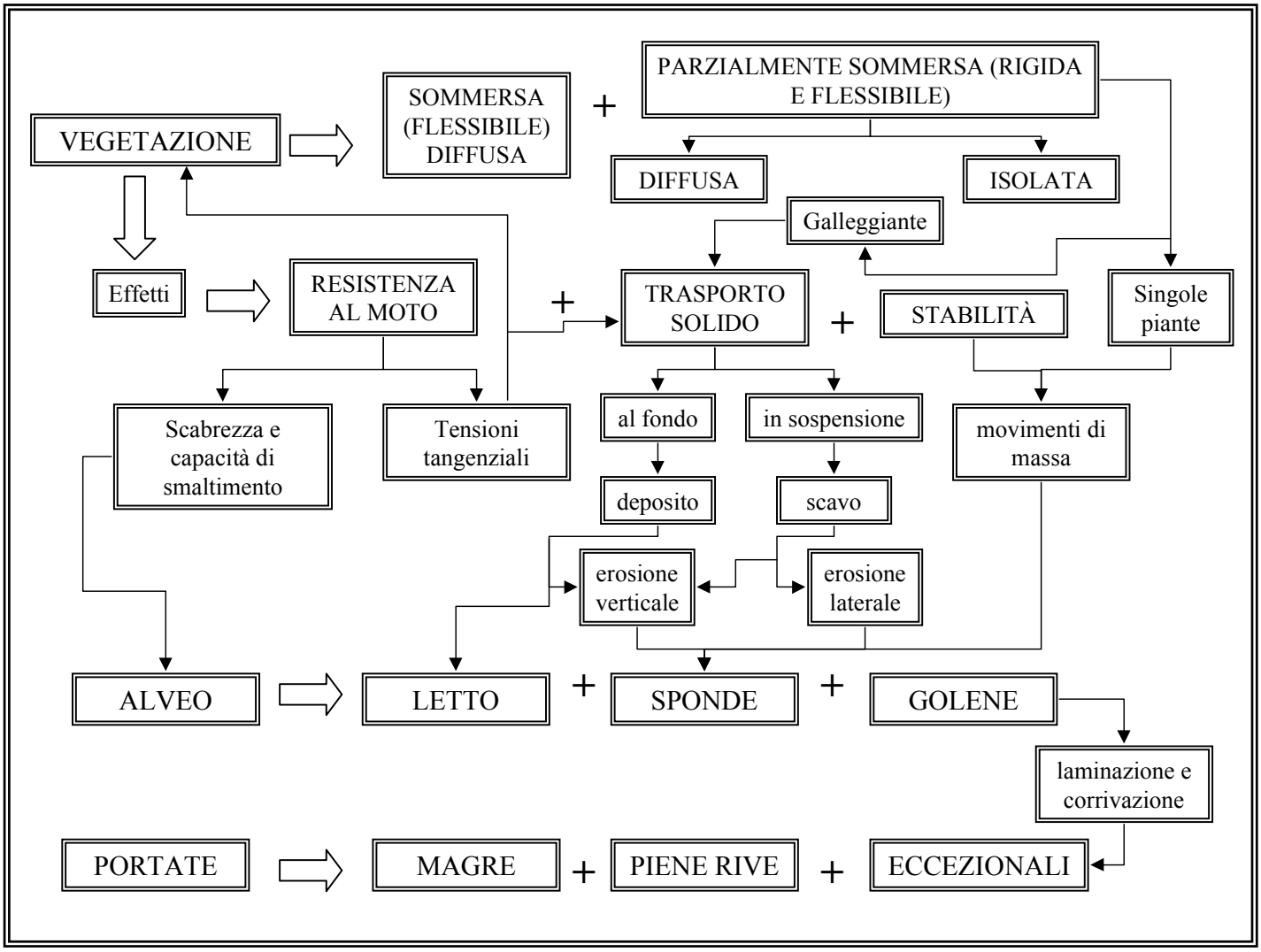


Fig. 9.1 Interazioni alveo-vegetazione

Più in generale, le sistemazioni "idrauliche" in presenza di vegetazione naturale e/o piantata con tecniche di I.N., riguardano sia interventi in alveo sia su pendio che possono essere suddivisi in tre gruppi principali (Tab. 9.1) in base ai loro principali campi di applicazione:

Tab 9.1 – Individuazione di tre tipologie principali degli interventi di I.N.

Interventi su versante (tipo A)	**Interventi su letto e sponde fluviali (tipo B)**	**Interventi validi sia in alveo sia su pendio (tipo C)**
Interventi di "consolidamento" e/o "stabilizzazione" (escluse frane "profonde"); interventi di "rivestimento" (o di "copertura" e/o di "protezione" e/o di "completamento" contro l'erosione superficiale).	Interventi di "consolidamento" e/o "stabilizzazione" per il contenimento delle portate di piena e contro lo scavo, l'erosione al piede della sponda, l'interrimento, etc.	Interventi che interessano, ad esempio, sponde periodicamente sommerse.

Per il dimensionamento delle opere si rendono necessarie le verifiche di cui in Tab. 9.2.

Tab.9.2 – Indicazione delle verifiche per le varie tipologie di intervento

tipo di verifica	tipologia dell'intervento		
	TIPO A	TIPO B	TIPO C
Stabilità strutturale e globale dell'opera	X	X	X
Verifica idraulica (per i valori di portata significativa in condizioni di moto uniforme o permanente o vario, valutazione di livelli idrici, tensioni tangenziali, velocità della corrente, etc.)		X	X
Dinamica d'alveo (stabilità plano-altimetrica, capacità di trasporto e apporto solido)		X	X
Stabilità del pendio (in diverse condizioni di carico e di drenaggio)	X	X (nel caso di sponde riprofilate o arginature)	X
Protezione dall'erosione superficiale e/o incanalata	X		X

Per effettuare le suddette verifiche, e per controllare i limiti di applicabilità delle diverse tecniche, sono riassunte in Tab. 9.3 le grandezze fondamentali da quantificare.

Tab. 9.3 – Grandezze da quantificare per le verifiche di dimensionamento

grandezze da quantificare	tipologia dell'intervento		
	TIPO A	TIPO B	TIPO C
Caratteristiche stazionali (dati climatici: temperatura e precipitazioni; geomorfologia e pedologia, altitudine, esposizione), rilievo della vegetazione, disponibilità di materiale vivo e inerte; caratteristiche biotecniche delle specie presenti.	X	X	X
Caratteristiche meccaniche dei materiali inerti o vivi (peso specifico, resistenza a trazione e a compressione, modulo di elasticità, etc.). Densità e sviluppo degli apparati radicali, dimensione e "struttura morfologica" della parte epigea della vegetazione (area e "disposizione"), flessibilità della vegetazione.	X	X	X
Caratteristiche idrologiche, morfologiche e idrauliche: portate di assegnato tempo di ritorno, geometria della sezione idrica (area e raggio idraulico) e scabrezza, andamento plano-altimetrico, pendenza del fondo, granulometria dei sedimenti del letto.		X	X
Cinematica e stratigrafia del movimento di massa (caratteristiche geotecniche del terreno, angolo d'attrito interno e coesione, resistenza al taglio e capacità portante limite del terreno, del versante e delle sezioni d'imposta delle opere, pendenza e lunghezza libera del versante, etc.).	X		X
Erosività della precipitazione, erodibilità del terreno, densità e sviluppo degli apparati radicali, dimensione e "struttura morfologica" della parte epigea della vegetazione, etc..	X		X
Velocità di filtrazione, infiltrazione e capacità di campo, profondità e oscillazione del livello di falda.	X		X

Dall'esame dei progetti realizzati nella Regione Lazio monitorati si è rilevato una generalizzata incompletezza rispetto a quanto sopra (cfr. *Relazione sul monitoraggio*).

NOZIONI FONDAMENTALI DI IDRAULICA

Il moto di una corrente idrica può essere: *vario* se le caratteristiche della corrente variano nello spazio e nel tempo oppure *permanente* se le caratteristiche della corrente si mantengono mediamente costanti nel tempo oppure, ancora, *uniforme* quando l'alveo è "prismatico" e le caratteristiche della corrente si mantengono mediamente costanti nello spazio e nel tempo.

Negli alvei naturali il moto avviene a scapito di dissipazioni energetico di tipo "concentrato" e, soprattutto "distribuito". Di queste ultime si tiene conto attraverso l'introduzione del concetto di scabrezza idraulica.

In generale si può dire che il rapporto tra velocità media della corrente (V) e velocità al fondo (V_*) è costante e pari ad un coefficiente adimensionale di resistenza (o di Chezy):

$$\frac{V}{V_*} = C$$

Considerando il caso di moto uniforme, la velocità media della corrente può essere espressa tramite l'equazione di Chezy:

$$V = \chi\sqrt{Ri} = C\sqrt{gRi}$$

con

R = raggio idraulico (pari al rapporto fra sezione idraulica e perimetro bagnato ed espresso in m); i = S = pendenza dell'alveo (*slope*); g = accelerazione di gravità [m/s^2].

Infatti, la velocità al fondo può essere espressa come:

$$V_* = \sqrt{\frac{\tau}{\rho}}$$

con la tensione tangenziale media sul contorno, τ , pari a:

$$\tau = \gamma Ri$$

con ρ = densità dell'acqua [kg/m^3]; γ = peso specifico dell'acqua [N/m^3].

Equivalentemente, nel mondo anglosassone è in uso, come equazione del moto uniforme, la formula di Manning:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} i^{1/2}$$

dove n = coefficiente di Manning [s/m$^{1/3}$] = 1/ks con ks coefficiente di Gauckler-Strickler.

Dal confronto della seconda e quinta formula appare che il coefficiente adimensionale di resistenza C in realtà rappresenta una conduttanza essendo legato al coefficiente di Manning dalla relazione:

$$C = \frac{R^{1/6}}{n\sqrt{g}}$$

La resistenza al flusso può essere espressa indifferentemente mediante il coefficiente di Manning (o coefficiente di resistenza):

$$n = \frac{R^{2/3} i^{1/2}}{V}$$

o con il coefficiente di attrito:

$$\lambda = \frac{8gRi}{V^2}$$

Il coefficiente di attrito e quello di resistenza risultano legati dall'equazione:

$$n = \sqrt{\lambda} \cdot \left(\sqrt{\frac{R^{1/3}}{8g}} \right)$$

In qualunque manuale di idrualica si trovano tabellati valori dei vari coefficienti di scabrezza secondo Manning, Gauckler-Strickler, Bazin e Kutter.

Ad esempio, nella Tabella riportata nel seguito, si riportano i valori del coefficiente di scabrezza (ks) di Gauckler-Strickler (da Chow, 1959 e Marchi-Rubatta, 1981, modificate), reciproco di quello di Manning (n).

Varie sono le espressioni proposte per la valutazione del coefficiente di resistenza. Nel caso di alvei naturali a letto fisso il coefficiente di attrito è esprimibile in funzione del diametro rappresentativo del materiale che costituisce il letto:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = a + c \cdot \log\left(\frac{y}{k}\right)$$

dove k = scabrezza idraulica; c = coefficiente derivato dalla costante di von Karman, solitamente posto uguale a 0.4; a = coefficiente determinato dalla forma della sezione trasversale del canale.

Assumendo una distribuzione di velocità logaritmica, tipica del moto turbolento nella zona di parete, la relazione tra la velocità u_y ad una distanza y dal fondo e la scabrezza idraulica k in ciascuna sottosezione i, è data dalla relazione seguente (che vale per alveo "fisso", quindi esente da fenomeni di trasporto solido):

$$\left(\frac{u_y}{u_*}\right)_i = 8.48 + 2.5 \ln\left(\frac{y}{k}\right)_i$$

Se si considera, per semplicità, un alveo rettangolare abbastanza largo da potere confondere il raggio idraulico con l'altezza d'acqua, si ottiene un'equazione che esprime la portata in funzione del livello idrometrico (*scala di deflusso*):

$$Q = \left(\frac{B \cdot S^{1/2}}{n} \right) \cdot y^{5/3}$$

con: B = larghezza alveo [m]; y o h livello idrometrico [m]; $A = By$ = sezione bagnata [m^2], con la condizione $B>>y$.

Per una data portata si può calcolare che raddoppiando la scabrezza si ha un incremento di altezza idrica del 50% e una riduzione della velocità del 34%.

ASPETTI IDROLOGICO-PROBABILISTICI

Secondo il D.P.R. 14 aprile 1993 ("Atto di indirizzo e coordinamento alle regioni recante criteri e modalità per la redazione dei programmi di manutenzione idraulica e forestale"), nelle tipologie degli interventi manutentori da effettuarsi nei corsi d'acqua non regimati sono indicate, fra le altre, la … "rimozione dalle sponde e dagli alvei attivi delle alberature che sono causa di ostacolo al regolare deflusso delle piene ricorrenti, con periodo di ritorno orientativamente trentennale, sulla base di misurazioni e/o valutazioni di carattere idraulico e idrologico, tenuto conto dell'influenza delle alberature sul regolare deflusso delle acque, nonché delle alberature pregiudizievoli per la difesa e conservazione delle sponde, salvaguardando, ove possibile, la conservazione dei consorzi vegetali che colonizzano in modo permanente gli habitat riparii e le zone di deposito alluvionale adiacenti". Nello stesso D.P.R. si prevede però la rinaturazione delle sponde, intesa come protezione al piede delle sponde dissestate od in frana con strutture flessibili spontaneamente rinaturabili; il restauro dell'ecosistema ripariale, compresa l'eventuale piantagione di essenze autoctone. Analogamente nella Deliberazione C.R. n. 155 del 20 maggio 1997 della Regione Toscana ("Direttive sui criteri progettuali per l'attuazione degli interventi in materia di difesa idrogeologica") si afferma che risulta "... la necessità di mantenere al di fuori dell'alveo normalmente attivo la vegetazione esistente, limitando gli abbattimenti ad esemplari ad alto fusto morti, pericolanti, debolmente radicati, che potrebbero costituire un potenziale pericolo in quanto facilmente scalzabili e asportabili in caso di piena. La necessità di abbattere le piante di maggior diametro deve essere valutata nelle diverse zone dell'intervento, in funzione delle sezioni idrauliche disponibili, sulle base di opportune verifiche documentate nel progetto che facciano riferimento a precise condizioni di piena con prefissati tempi di ritorno al fine di garantire il buon regime delle acque."

La conoscenza dei valori delle portate corrispondenti ad eventi di piena di assegnato tempo di ritorno (*portate di progetto*) e delle conseguenti sollecitazioni indotte dalla corrente, risulta dunque fondamentale nella scelta e nel dimensionamento del tipo di intervento di sistemazione idraulica, sia esso realizzato con tecniche convenzionali, ma soprattutto con tecniche di I.N. per le quali la resistenza dell'opera può variare nel tempo, come trattato in una parte successiva.

Progettando gli interventi di sistemazione, risulta sempre necessaria una quantificazione attendibile degli eventi "eccezionali" che possono causare i processi di dissesto (erosione, trasporto solido e esondazioni) ed il grado di "rischio" ad essi associati. Si vedrà, ancora nel seguito, che sarà utile, per la determinazione delle condizioni di stabilità dei corsi d'acqua,

anche la stima della cosiddetta *portata dominante* (o di modellamento, ovvero efficace), in genere, posta uguale alla portata a piene rive cui può essere attribuito un periodo di ritorno approssimativamente biennale.

L'analisi del rischio idrogeologico e la valutazione delle piene

La valutazione delle portate al colmo e dei volumi idrici di piena deve essere associata ad una stima della probabilità del loro superamento e, pertanto, si deve ottenere su basi statistico-probabilistiche, ricorrendo ad una cosiddetta analisi "regionale".

Indicando la funzione di probabilità cumulata con l'espressione

$$F_X(x) = P[X \leq x] = P$$

dove P[X≤x] esprime la probabilità che la variabile casuale X assuma un valore non superiore ad x (la lettera maiuscola indica la variabile casuale e la lettera minuscola indica una sua determinazione), allora il *tempo di ritorno* T_r (durata media in anni del periodo in cui l'evento viene superato una sola volta) di un dato evento è definito come:

$$T_r = \frac{1}{1 - P}$$

P è la probabilità di non superamento dell'evento esprimibile mediante una relazione che associa ad ogni valore dell'evento (es. altezza di pioggia o portata associata) la corrispondente probabilità di non superamento. Tale relazione viene in generale indicata come funzione, o distribuzione, di probabilità.

Fra i modelli statistici utilizzabili per esprimere la relazione fra X e T_r ricordiamo quello classico di Gumbel (a due parametri che permette di esprimere la relazione diretta e quella inversa), quello TCEV (a doppia componente per tenere conto di eventi "outliers" e applicato nelle metodologie VAPI-CNR) oppure quello GEV.

Per un assegnato tempo di ritorno si definisce la *pericolosità* (pari alla probabilità che un determinato evento si verifichi almeno una volta in *n* anni, in taluni casi detta *rischio*) come:

$$H_n = 1 - \left(1 - \frac{1}{T_r}\right)^n$$

da cui si ricava, fra l'altro, che la probabilità che almeno un evento con tempo di ritorno di $T_r = n$ anni si verifichi in un periodo di *n* anni è pari al 63.2%.

Indicando con *E* l'entità degli *elementi a rischio* (elementi che possono subire danni quando si verifica un evento) ovvero il *danno potenziale* da quantificare a seconda della natura degli elementi (numero di persone a rischio o valore monetario dei beni presenti nelle aree *vulnerabili*).

La *vulnerabilità V* esprime l'attitudine dell'elemento a rischio a subire danni per effetto dell'evento e indica l'aliquota (da 0 a 1) dell'elemento a rischio che viene danneggiata.

Per ciascun elemento, in corrispondenza di ciascun evento i-esimo, può esprimersi il *danno D* nelle stesse unità di misura di *E*, tramite la

$$D_i = E_i \, V_i$$

Indicando con R_n il valore atteso di D_n (sommatoria dei D_i in un periodo di n anni), esso può essere espresso tramite la

$$R_n = E\ V\ H_n$$

Quest'ultima può essere considerata l'*equazione del rischio* e consente di inquadrare in uno schema razionale gli interventi di difesa dal rischio idrogeologico, sia a livello di *previsione* (per la conoscenza delle aree vulnerabili e del rischio associato) sia a livello di *prevenzione* (con interventi indirizzati alla riduzione del rischio nelle aree vulnerabili, di tipo *strutturale* per ridurre la probabilità che accada un evento o di tipo *non strutturale* per ridurre il danno). Recentemente i decreti "Sarno" e "Soverato" (D.L. 180 e seguenti) hanno normato la materia.

In quest'ottica deve essere affrontata la valutazione delle portate di piena a scala regionale, necessaria per il corretto dimensionamento delle opere di difesa.

La regionalizzazione delle portate di piena consiste, in pratica, nell'identificazione di una metodologia che consenta di stimare le portate di piena (Q) per i corsi d'acqua di una certa area per diversi tempi di ritorno (Tr) attraverso uno o più approcci di tipo diretto *(i)* o indiretto *(ii)*.

i) I metodi *diretti* pervengono alla determinazione del legame $Q=Q(Tr)$ sulla base dell'analisi delle osservazioni idrometriche eventualmente disponibili nella sezione fluviale di interesse o in altre sezioni di chiusura di bacini idrografici appartenenti alla medesima regione idrologica in cui si trova il corso d'acqua in esame, secondo una delle due metodologie seguenti:

- *i.a)* applicazione di tecniche di *inferenza statistica* a serie storiche puntuali di misure idrometriche (es. modelli di Gumbel, TCEV o GEV);
- *i.b*) sviluppo di tecniche di *regionalizzazione* dei dati idrometrici.

ii) I metodi *indiretti*, invece, sono volti alla derivazione dello stesso legame, utilizzando l'informazione pluviometrica e la sua analisi statistica, con due possibilità:

- *ii.a) tramite simulazione* numerica (metodo complesso per il reperimento dei dati pluviometrici necessari e oneroso per le operazioni di calcolo);
- *ii.b) per via analitica* (determinazione della legge di distribuzione di probabilità delle portate di piena sulla base della schematizzazione del processo stocastico delle precipitazioni e della risposta del bacino).

La scelta del metodo da adottare è chiaramente condizionata dalla natura e dalla consistenza dei dati storici disponibili di osservazioni pluviometriche ed idrometriche. Essendo questi ultimi più scarsi, i metodi diretti risultano di più difficile applicazione.

Esistono numerose metodologie per l'analisi della *trasformazione afflussi-deflussi* (generazione, a partire dalla precipitazione meteorica, del deflusso prima del suo incanalamento nella rete idrografica) e della *formazione dell'onda di piena* (concentrazione dei deflussi superficiali nel reticolo idrografico e trasferimento lungo di esso fino alla sezione di chiusura), ma si può qui affermare, rimandando ai manuali di idrologia, che la portata [m^3/s] di assegnato tempo di ritorno [anni] può essere valutata in funzione, almeno, dei seguenti parametri: area del bacino [km^2], curva di possibilità con parametri dipendenti dal tempo di ritorno ($h = a' T_r^m t^n$), tempo di corrivazione [ore] (dipendente, per es. da area del bacino A [km^2], lunghezza di corrivazione [km], dislivello medio sulla sezione di chiusura [m] come nella classica formula di Giandotti), coefficiente di deflusso (influenzato dalle caratteristiche dei terreni e della copertura del bacino).

ASPETTI IDRO-SEDIMENTOLOGICI

Un corso d'acqua naturale è soggetto ad un processo di ***automodellamento*** dal quale si originano ed evolvono le sue caratteristiche morfologiche, sedimentologiche e idrauliche in funzione dei fattori ambientali (clima, geologia, pedologia, vegetazione naturale, etc.) ed antropici (stabilizzazione degli alvei e dei versanti, uso del suolo, forestazione, etc.). Attraverso di esso, il corso d'acqua tende verso una configurazione plano-altimetrica di "equilibrio" (o, come si vedrà, di "stabilità") in funzione del regime delle portate liquide e solide imposte dal bacino di appartenenza. Occorre osservare che il processo evolutivo verso la configurazione di "equilibrio", o "di regime" o "stabile", può essere perturbato dalla sovrapposizione o la modifica dei fattori, naturali e/o antropici, rispetto alle condizioni attuali, che inducono il corso d'acqua verso un nuovo assetto. In particolare si osserva che per alte pendenze e forte trasporto solido il tracciato del corso d'acqua tende ad essere rettilineo o di tipo *braided,* mentre per basse pendenze e basso trasporto solido si manifestano configurazioni di tipo *meandriforme* o, più raramente, del tipo *multicanale* (anastomizzato).

Lo sviluppo e l'utilizzazione di tecniche di I.N. pone il problema di valutare gli effetti che possono aversi in seguito all'impianto di nuova vegetazione su una sponda fluviale. Viceversa, la parziale o totale asportazione di vegetazione da un tratto di sponda, che ha spesso costituito durante gli ultimi decenni una pratica estremamente comune da parte di Enti preposti all'intervento sui corsi d'acqua, pone un problema di tipo opposto, data la sua funzione stabilizzante ed antierosiva, e solo recentemente si è messa in discussione l'opportunità e la convenienza di tale tipo di intervento, anche in conseguenza della contemporanea affermazione delle tecniche di I.N..

Risulta pertanto evidente la necessità di considerare attentamente tutti i possibili effetti che la vegetazione può avere nei confronti dei processi fluviali, in modo da poter valutare, a seconda della situazione l'opportunità o meno di impiantare nuova vegetazione o, viceversa, di asportare quella esistente. La vegetazione ha infatti molteplici effetti, sia nei confronti dei fenomeni di esondazione che dei processi responsabili dell'arretramento di una sponda, così come dei fenomeni di sedimentazione e di trasporto solido. Alcuni di tali effetti possono essere considerati positivi o stabilizzanti, altri viceversa negativi o destabilizzanti. La valutazione degli effetti della vegetazione, ed il bilancio tra quelli stabilizzanti e quelli destabilizzanti dovrebbero costituire il punto di partenza sul quale basare qualsiasi criterio di gestione e strategia di intervento.

Processi di erosione di sponde fluviali e sedimentazione

L'arretramento di una sponda può derivare da una larga varietà di processi e meccanismi di instabilità. Esso raramente deriva da un singolo processo, ma è piuttosto il risultato di una complessa interazione tra vari processi e meccanismi che spesso agiscono sulla sponda simultaneamente. Questi sono raggruppati in due principali categorie:

1) processi di *erosione* (erosione fluviale per corrente parrallela o per corrente incidente o per rigagnoli e fossi, sifonamento, gelo/disgelo, per onde generate dal vento) e attraverso i quali si ha rimozione e trasporto di particelle individuali o aggregati di particelle dalla superficie esterna della sponda in arretramento;
2) *movimenti di massa* (scivolamenti rotazionali o traslativi superficiali o planari, ribaltamento, crolli di masse agettanti o di terra, colate granulari secche o di terra bagnata, sifonamento), caratterizzati da movimenti di volume di materiale costituente la sponda in seguito all'azione della gravità.

Per quanto riguarda la *sedimentazione*, si possono schematicamente distinguere processi di sedimentazione *laterale* e di sedimentazione *verticale*, anche se essi, in genere, agiscono in combinazione. La sedimentazione *laterale* è quella legata alla migrazione delle barre nei canali attivi, nei sistemi a canali intrecciati, o al tipico processo di accrescimento della barra di meandro nei sistemi meandriformi. La sedimentazione *verticale* è quella dovuta a tracimazione (*overbank*), la quale determina una progressiva accrezione verticale del prisma alluvionale, il cui tasso dipende da numerosi fattori quali la produzione di sedimenti nel bacino, il tasso di subsidenza, le variazioni climatiche e del livello marino.

Progettazione di alvei stabili

La condizione di "stabilità" (mantenimento della configurazione plano-altimetrica costante entro limiti temporali "tecnici" con manutenzioni sostenibili) può essere ottenuta tramite interventi sul corso d'acqua o sul bacino a monte che possono essere realizzati con tecniche di I.N..

La portata idrica che viene considerata in questi casi è quella dominante (o di modellamento, ovvero efficace) posta uguale alla portata Q_m a piene-rive cui, come è noto (cfr., per es., Dunne & Leopold, 1978), può essere attribuito un periodo di ritorno compreso fra 1,5 e 2 anni da calcolarsi secondo quanto riportato in precedenza. Si deve conoscere, inoltre, la granulometria del materiale d'alveo, distinguendo il caso di sedimenti sabbiosi o grossolani (ghiaie e ciottoli).

Nella seguente Tab. 9.4, derivata da studi di Pica (dal 1972 al 2001), si riassumono le formule per il calcolo della larghezza b (sezione rettangolare o trapezia), la pendenza i o S (*slope*) e l'altezza idrica h, nel caso di *stabilità dipendente dalla disponibilità di materiale e dalla capacità di trasporto* (*Campo 1)* o *stabilità per corazzamento d'alveo o in condizioni di assenza di apporto solido da monte (Campo 2), dove* A rappresenta sempre l'area del bacino in km^2.

In genere la configurazione d'alveo (trasversale ed altimetrica) da considerare dovrà essere scelta sulla base di sopralluoghi di campagna.

Come si può osservare, per la larghezza b il criterio di calcolo è unico (1); viceversa per la stima di i = S [(2.1) e (2.2)] e di h [(3.1) e (3.2)] deve essere distinta l'entità (più o meno rilevante) del trasporto solido previsto e, nell'ambito di ognuna di queste due categorie, la tipologia del materiale costituente il fondo (ghiaie e/o ciottoli; sabbie) :

Tab. 9.4 Criteri di stabilità d'alveo

Grandezze d'alveo	Campi di stabilità	
	Campo 1 : stabilità dipendente dalla disponibilità di materiale e dalla capacità di trasporto	*Campo 2 : stabilità per corazzamento d'alveo o in condizioni di assenza di apporto solido da monte*
Larghezza B [m]	$b = k_b\, Q^{0,5}$ (1)	
Pendenza i = S [-]	$i = k\,\frac{d^{0,353}}{Q^{0,736}}$ (2.1)	$i = 0{,}95\,\frac{d^{1,15}}{Q^{0,46}}$ (2.2)
Altezza idrica H [m]	$h = k_h\left(\frac{Q^{1/2} d^{1/6}}{i^{1/2}}\right)^{3/5}$ (3.1)	$h = 0{,}083\,\frac{Q^{0,438}}{d^{0,245}}$ (3.2)

Si riportano le seguenti note per l'utilizzo della Tab. 9.*4*

❖ *Larghezza b (1)*

$b = k_b\, Q^{0,5}$

secondo Lacey, con $k_b = 2.17 \div 4.98$ (cfr. Tab 4 bis con valori ricavati da Lacey, Simons & Albertsons, Kellerhals, Hey & Thorne, 1986)

Tab. 9.4 bis Coefficiente k_b per la formula (1)

Tipologia del materiale d'alveo	k_b
Sabbie	*4,98*
Ghiaietto o materiali mediamente coerenti	*3,80*
Ghiaie grosse; ciottoli o materiali molto coerenti	*2,90*
Ghiaie; sponde completamente inerbite (Vegetazione Tipo I)	*3,98*
Idem; sponde inerbite con 1-5% arbusti o alberi (Veg. Tipo II)	*3,08*
Idem; sponde inerbite con 5-50% arbusti o alberi (Veg. Tipo III)	*2,52*
Idem; sponde inerbite con >50% arbusti o alberi (Veg: Tipo IV)	*2,17*

❖ *Pendenza (i = S) (2.1)*

$$i = k\,\frac{d^{0,353}}{Q^{0,736}}$$

Può semplificarsi in : $iA^{0,5} = P \equiv k'$

dove

A = area del bacino sotteso dalla sezione idrica [km^2]

e con

$$k = \left(\frac{G_s}{630}\right)^{0,595} = \left(\frac{12.900(k')^{1.61}}{630}\right)^{0,595} \cong 6k'^{0.96}$$

$k' \approx 0.16\ k$

essendo stato ricavato da regressioni su casi reali con k' compreso fra 0.01 e 0.35) $k \cong 5 \div 6k'^{\,0.90 \div 0.96}$.

Nel caso, ad esempio, di trasporto solido trascurabile e materiale al fondo fine, quali tratti di corsi d'acqua a valle di sbarramenti che trattengono l'apporto solido da monte o alvei naturali in erosione o canali irrigui da costruirsi ex-novo, etc., si può ottenere

$$i = 0,004\frac{d^{0,35}}{Q^{0,14}}$$

avendo posto $C = G_s/(\gamma\ Q) = 50$ p.p.m.

❖ *Pendenza (S) (2. 2)*

$$i = 0,95\frac{d^{1,15}}{Q^{0,46}}$$

Ponendo R ≅ 0.9 h , si ha $i = 0,062\frac{d^{0,892}}{R^{1,05}}$, che equivale approssimativamente a $i = 0,0475\frac{d}{R}$ (da Shields) o a $i = 0,093\frac{d}{R}$ (Valentini, 1912); oppure con $i = 0,853\frac{d^{1,286}}{Q^{0,429}}$ (U.S. Corps of Eng.) si ha $i = 0,06\frac{d^{0.99}}{R^{0,98}}$

❖ *Altezza idrica (h) (3.1)*

$$h = k_h\left(\frac{Q^{1/2}d^{1/6}}{S^{1/2}}\right)^{3/5}$$

dove

$$k_h = \frac{1}{(0,93 \cdot k_v \cdot k_b)^{3/5}}$$

con $k_V = 22/d^{1/6}$

e nel caso di trasporto solido trascurabile e materiale al fondo fine (analogo al precedente), si ottiene

$$h = 0,525\frac{Q^{0,342}}{d^{0,005}}$$

che può semplificarsi in : $h=0,525\ Q^{0,34}$.

Praticamente si osserva che, nel campo P2, il prodotto *i h* in funzione di *d* fornisce la nota

espressione di Valentini ed il grafico di Shields "linearizzato" e che il prodotto $i\,b \approx 10\,d$.

Nella Fig.9.2, seguente, rimandando a Preti, 2002 per i dettagli, si osserva che, in condizioni di "stabilità" e per un assegnato valore della portata, il diametro dei sedimenti e la pendenza dell'alveo sono legati fra loro nelle varie condizioni di capacità/disponibilità di trasporto solido. Nel campo P1 la pendenza dipende, oltre che dal diametro dei sedimenti e dall'assegnato valore della portata Q, anche dall'entità del trasporto solido (k'), mentre nel campo P2 (alveo "corazzato" e/o assenza di trasporto solido da monte) si hanno valori di pendenza che "intersecano" quelli del campo P1 in punti che variano al variare di k' e Q.

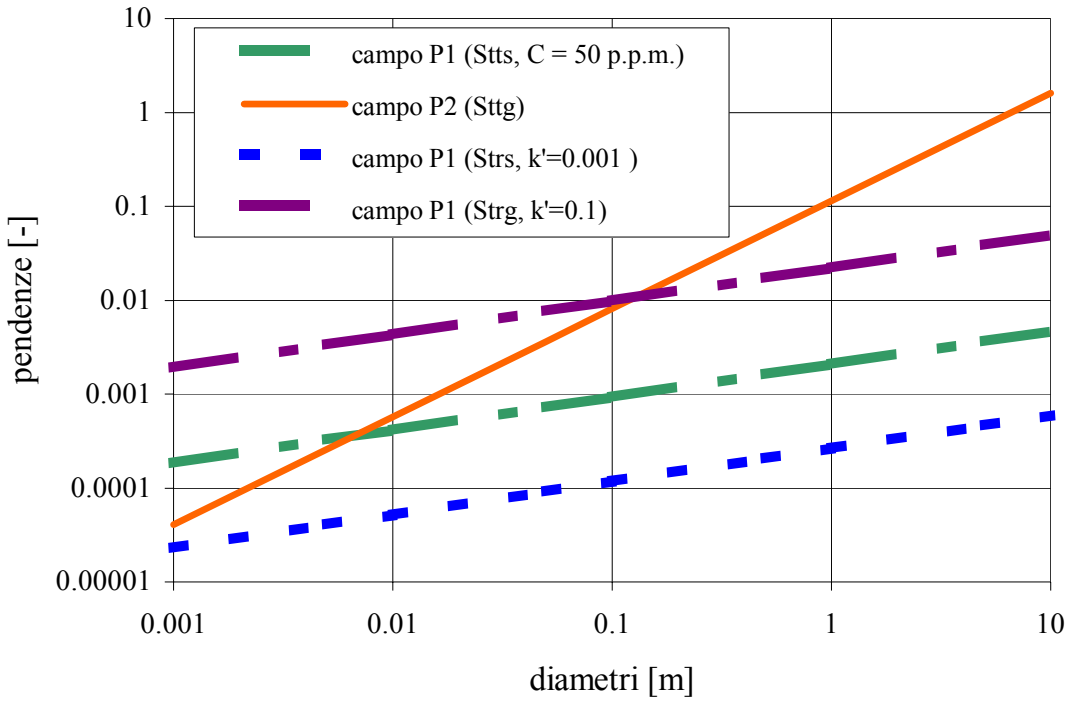


Fig.9.2 - Applicazione dei criteri di stabilità degli alvei (Tab. 9.4) con Q = 100 m^3/s

INTERAZIONE TRA VEGETAZIONE E CORRENTE

Influenze della vegetazione sulla scabrezza idraulica e sulla resistenza al flusso

Come già introdotto, la presenza di qualsiasi tipo di vegetazione in alveo e sulle sponde comporta un aumento della scabrezza idraulica al contorno, aumentando di conseguenza la resistenza al moto e riducendo la velocità. L'aumento della scabrezza produce, a parità di portata, un innalzamento del livello dell'acqua, e dunque un maggiore rischio di esondazione.

La resistenza dovuta alla vegetazione, a differenza di quella relativa al materiale d'alveo, cambia nel tempo, sia in relazione ai periodi vegetativi, sia per effetto della corrente. Infatti la vegetazione, soggetta alla forza di trascinamento della corrente, tende a piegarsi: l'entità della flessione dipende dalla resistenza a flessione dello stelo o del fusto e dalla forza esercitata dalla corrente stessa. Ma la forza di trascinamento dipende dalla velocità del flusso, che a sua volta dipende in parte dal grado di flessione delle piante.

La distribuzione di velocità rimane approssimativamente logaritmica, essendo il principale effetto della flessione quello di traslare il livello di velocità nulla progressivamente verso il contorno, man mano che l'abbassamento delle piante aumenta.

In Fig. 9.3 sono riassunti gli effetti sulla corrente dovuti alla presenza di vegetazione in alveo e sulle sponde che sono trattati nel seguito (Regione Toscana, 2000).

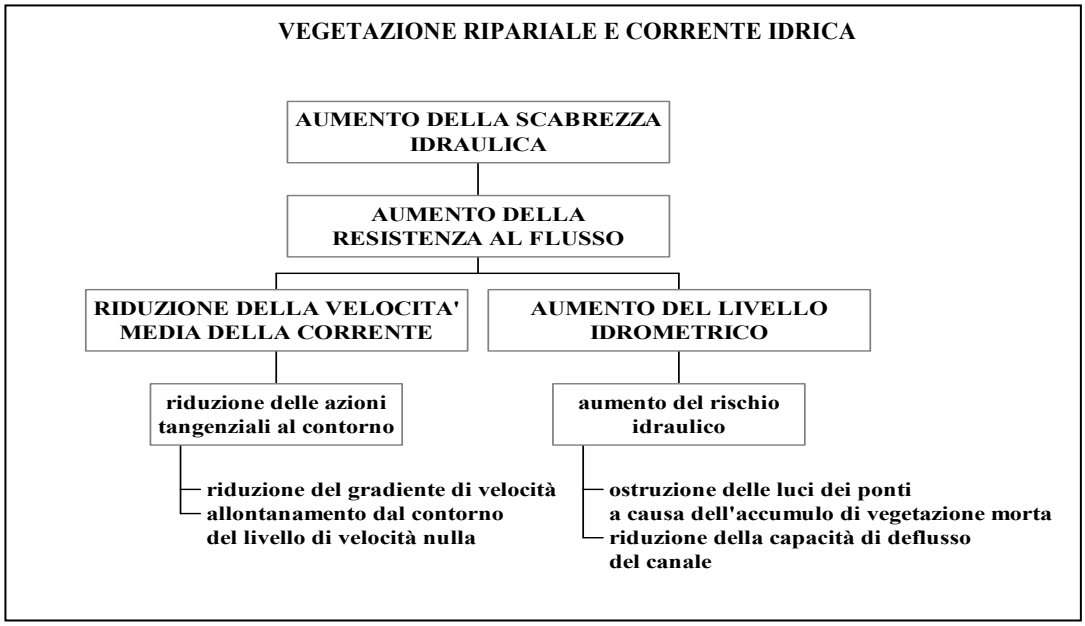


Fig. 9.3 - Schema delle influenze effetti della vegetazione sulla corrente idrica

Lo studio della resistenza al moto deve essere affrontato separatamente nel caso di vegetazione sommersa (canali ricoperti d'erba e livelli d'acqua superiori all'altezza della vegetazione eretta) e di vegetazione non sommersa (vegetazione in alveo con flussi bassi e vegetazione di sponda o delle aree golenali).

<u>Copertura erbosa totalmente sommersa</u>

Quando l'acqua o l'aria scorrono attraverso la vegetazione di tipo flessibile, questa si piega sotto determinate condizioni e perciò la sua altezza diminuisce. Nel momento in cui la vegetazione si piega, la scabrezza al contorno si riduce sensibilmente. Nei flussi in canale aperto vegetato, il grado di resistenza al piegamento della vegetazione dipende dalla rigidità e

dalla densità della vegetazione stessa, mentre la forza di trascinamento dovuta all'acqua che scorre determina il momento flettente imposto alla vegetazione.

L'equazione sopracitata $\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = a + c \cdot \log\left(\frac{y}{k}\right)$

è ancora utilizzabile, introducendo un idoneo valore dell'altezza della vegetazione flessa, *k*. Questo parametro dipende dalle caratteristiche biomeccaniche della vegetazione e può essere valutato conoscendo il parametro di resistenza a flessione, *MEI*. Il parametro *MEI* = resistenza a flessione in Newton è dato dal prodotto fra: *E* = modulo di elasticità lineare [Pa]; *I* = momento secondo di inerzia dell'area della sezione degli steli [m^4]; *M* = densità relativa, definita come il rapporto tra numero di steli ed un numero di riferimento di steli per unità d'area (generalmente $1/m^2$).

La relazione che lega *k* alla resistenza a flessione è la seguente:

$$k = 0.14h\left[\frac{\left(\frac{MEI}{\gamma\, yS}\right)^{0.25}}{h}\right]^{1.59}$$

con *h* = altezza della vegetazione eretta [m], *y* = altezza d'acqua [m], *S* = pendenza del canale, γ= peso specifico dell'acqua [N/m^3].

Noti questi parametri si può calcolare il coefficiente di Manning e la velocità del flusso.

dall'equazione, già sopra riportata $V = \frac{1}{n} R^{2/3} i^{1/2}$

Nonostante la complessità dell'interazione tra vegetazione erbosa e caratteristiche idrauliche, è stato sperimentato che, per un particolare tipo di vegetazione, il coefficiente di scabrezza di Manning è unicamente correlato al prodotto tra la velocità media *V* (influenzata dalla presenza della vegetazione) ed il raggio idraulico *R,* indipendentemente dai singoli valori assunti da *V* ed *R*.

Per alvei erbosi e abbastanza larghi da poter trascurare l'effetto delle sponde sulla scabrezza (*B>>y)*, il legame tra il numero di Manning e il prodotto *VR* è rappresentato nel grafico di Fig. 9.3, per diverse altezze dell'erba (vedi Tab. 9.5). Le prove riguardano tutte le lunghezze dell'erba che si trovano con più frequenza nella pratica: da 5 cm a 90 cm, valide per copertura erbosa totalmente sommersa.

Bisogna tenere conto che la correlazione tra *n* e *VR* è stata ottenuta con approccio empirico e non è perciò estendibile a situazioni diverse da quelle sperimentali.

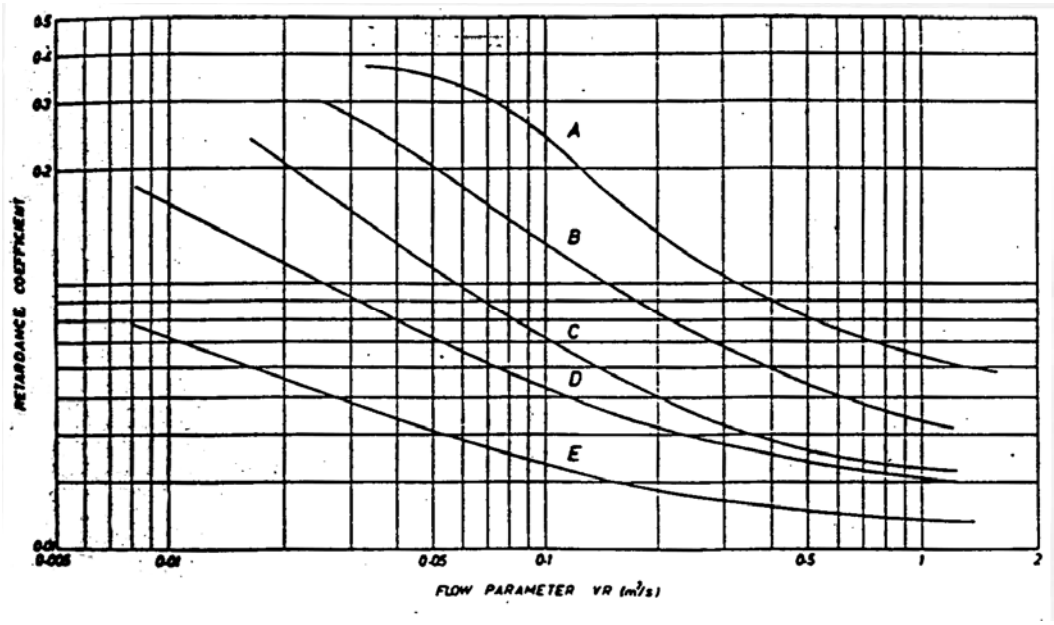


Fig. 9.3 - Coefficiente di Manning in funzione del prodotto VR (copertura erbosa totalmente sommersa) (Whitehead, 1976).

Tab. 9.5 - Categorie di resistenza al flusso.

Densità	Altezza media (cm)	Categoria
Buona	>76	A
”	28-61	B
”	15-25	C
”	5-15	D
”	<5	E
Scarsa	>76	B
”	28-61	C
”	15-25	D
”	5-15	D
”	<5	E

Il livello di resistenza dipende dalla morfologia della pianta e dalla densità di crescita.

La curva in Fig. 9.4 mostra le tre fasi del flusso per un’erba di lunghezza media. Per flussi bassi la vegetazione rimane abbastanza rigida e i valori di resistenza sono intorno a 0.25 - 0.3 [$s/m^{1/3}$], associati alla distorsione delle linee di flusso intorno agli steli delle singole piante; all’aumentare dell’altezza d’acqua gli steli cominciano ad oscillare, disturbando maggiormente il flusso, e la scabrezza aumenta fino a circa 0.4 [$s/m^{1/3}$]. Via via che la corrente sommerge le piante, il coefficiente di resistenza diminuisce rapidamente all’aumentare della profondità dell’acqua, perché le piante tendono a piegarsi e la scabrezza risulta legata soprattutto al contorno. In presenza di velocità alte il coefficiente di resistenza tende ad assumere valore costante piuttosto basso; in queste condizioni l’erba è distesa e offre al flusso una superficie relativamente liscia, aumentando di conseguenza le velocità.

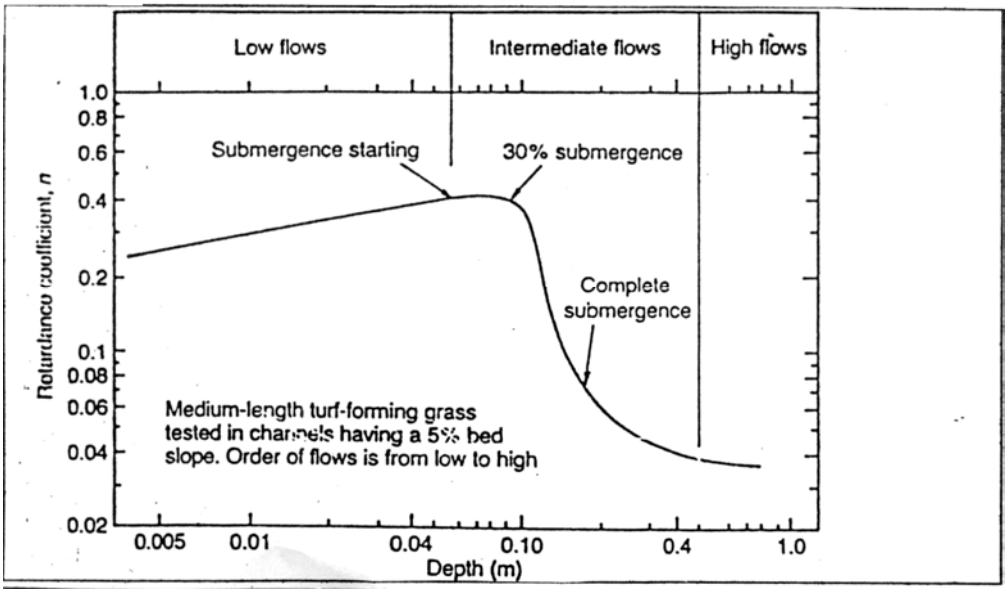


Fig. 9.4 - Relazione tra il coefficiente di Manning e la profondità di deflusso per un'erba di lunghezza media (in Morgan & Rickson, 1995).

Nella Figg. 9.5 (a) e (b) sono state riportate le curve sperimentali ottenute con erba delle Bermuda corta verde e con erba corta in fase di riposo vegetativo. Le curve mostrano un alto coefficiente di resistenza per pendenze pari a 0.2% e del 3% con alta densità di steli (B2-18). Gli alti valori della resistenza sono dovuti alle basse azioni tangenziali al contorno nel primo caso (bassa pendenza), ed alla elevata rigidità complessiva nel secondo (alta densità di steli). Le altre curve tendono a seguire la stessa linea, mostrando che per questo particolare tipo d'erba, una piccola pendenza e una bassa densità producono approssimativamente la stessa resistenza al flusso di una situazione con alta pendenza ed alta densità di vegetazione. Questo effetto compensativo era prevedibile osservando il parametro adimensionale introdotto per la prima volta da Unny (1973):

$$\left(\frac{MEI}{\rho \cdot V_*^2}\right)^{1/4} \cdot \frac{1}{h}$$

Questo parametro è legato alla flessione delle piante in modo che se il rapporto tra rigidità e azioni tangenziali al contorno rimane costante, rimarrà costante anche il grado di flessione delle piante.

Vegetazione parzialmente sommersa

I risultati sperimentali visti riguardano essenzialmente gli effetti dell'erba sommersa sulla resistenza al flusso, e la correlazione tra n e VR mostra che la resistenza diminuisce all'aumentare del prodotto tra raggio idraulico e velocità media. La diminuzione di n è dovuta al piegamento delle piante e all'aumento del livello di sommersione della vegetazione al crescere di VR. Le correlazioni viste non sono più valide nel caso in cui la vegetazione sia più alta del livello d'acqua, caso che può verificarsi in alveo nei periodi di magra, sulle sponde durante le piene e nelle aree golenali nel caso di piene eccezionali.

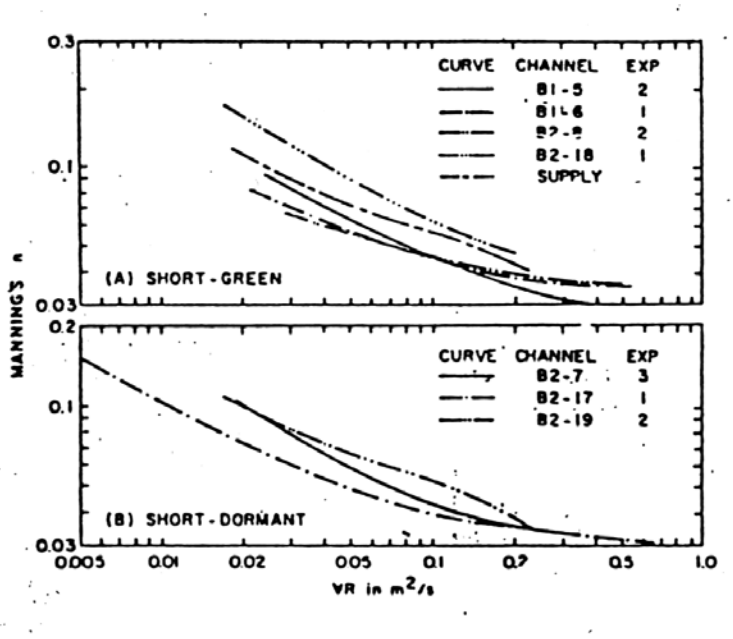


Fig. 9.5 - Sensitività del coefficiente di Manning n alla rigidità della vegetazione (Kouwen & Li, 1980).

Nel caso di vegetazione arborea, se la pianta viene investita fino al tronco si può assumere che essa abbia comportamento rigido, altrimenti si dovrà tenere conto della flessione della chioma e delle proprietà meccaniche dei rami e delle foglie.

La resistenza al flusso attraverso una data area vegetata è funzione di molte variabili tra le quali la velocità del flusso, la distribuzione della vegetazione in direzione longitudinale e trasversale rispetto alla corrente, la scabrezza del contorno, e le proprietà strutturali e idrodinamiche associate agli steli e alle foglie delle piante.

L'assunzione di scabrezza rigida in presenza di vegetazione può portare a grossi errori nella valutazione delle relazioni tra velocità e azioni tangenziali. In realtà la vegetazione produce una scabrezza flessibile e non sommersa che influenza poco i flussi bassi, ma può dare un contributo significativo durante gli eventi di piena. In questo caso il valore di n diminuisce all'aumentare della velocità per una data condizione della vegetazione e un dato livello idrometrico, a differenza della scabrezza flessibile dovuta ad erba che dipende esclusivamente dal prodotto VR.

Un recente studio di Fathi-Maghadam e Kouwen (1997) tratta questo tema. Lo studio riguarda gli effetti sulla resistenza al flusso dovuti alla presenza di singoli alberi di pino e cedro, che possono poi essere estesi ad una comunità di piante assumendo che tutti gli alberi, di uguale forma e ugualmente distanziati, occupino il medesimo volume nella copertura vegetale. Si assume inoltre che a sia l'area orizzontale coperta da un singolo albero, che l'altezza della copertura sia h e che l'area di assorbimento della quantità di moto sia A.

Nel caso di vegetazione rigida le azioni tangenziali aumentano con il quadrato della velocità; per scabrezza flessibile come quella costituita dagli alberi la resistenza appare correlata linearmente alla velocità (vedi Fig. 9.7), a causa della flessione delle piante (riduzione di A) e della diminuzione del coefficiente di resistenza C_d all'aumentare della velocità (vedi Fig. 9.6). Non potendosi misurare o calcolare direttamente la flessione di A o la riduzione del coefficiente di resistenza, gli Autori calcolano il parametro combinato adimensionale $C_d(A/a)$ in funzione del quadrato della velocità media del flusso.

La Fig. 9.6 mostra l'andamento del parametro di resistenza $C_d(A/a)$ in funzione del quadrato della velocità media del flusso: confrontando l'andamento della resistenza al flusso attraverso i tronchi rigidi (y = 60 mm) con quello attraverso le foglie flessibili (y > 60 mm), si nota l'importanza della flessibilità e del piegamento sulla quantità di moto assorbita dalla vegetazione. Questo conferma che l'ipotesi di vegetazione rigida porta a grossi errori nella stima della resistenza al flusso e delle azioni tangenziali al contorno. Si nota inoltre l'importanza del livello di sommersione *y/h* per la valutazione della resistenza al flusso.

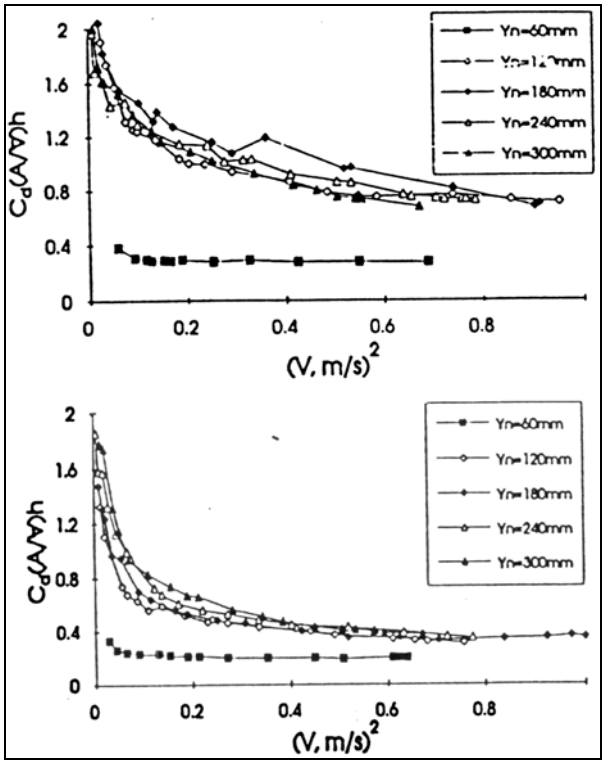


Fig. 9.6 Variazione del fattore di resistenza $C_d(A/a)$ con il quadrato della velocità e la profondità: (a) pino; (b) cedro (Fathi-Maghadam & Kouwen, 1997).

Nel caso di vegetazione flessibile esiste una proporzionalità diretta tra il coefficiente di resistenza λ e l'area di assorbimento della quantità di moto *A*. Dunque, *n* sarà proporzionale alla radice quadrata di *A*. Se si assume che l'area di assorbimento della quantità di moto aumenti linearmente con la profondità di sommersione, il coefficiente di Manning può essere ragionevolmente approssimato con l'equazione:

$$n \propto \left(\frac{y}{h}\right)^{0.5}$$

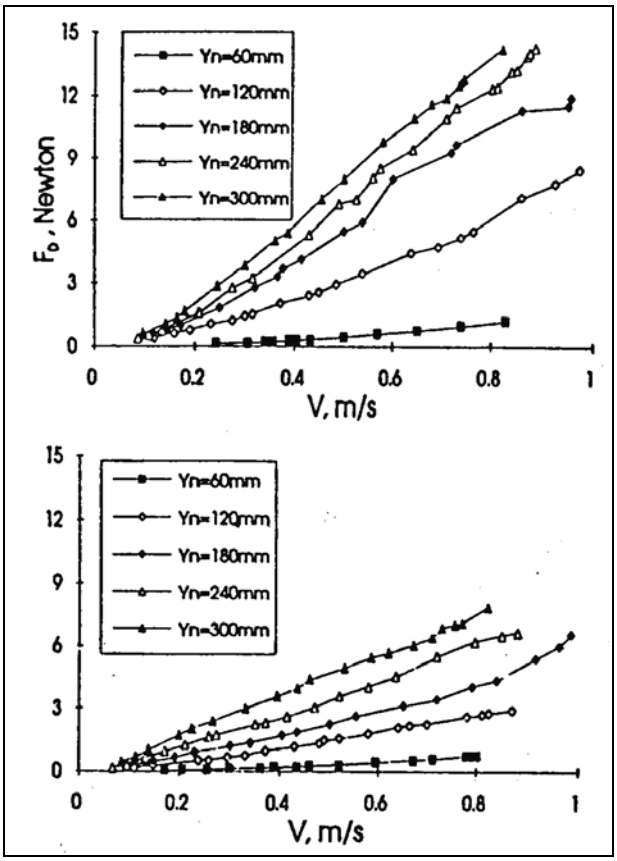


Fig. 9.7 - Azioni tangenziali in un canale: (a) pino; (b) cedro (Fathi-Maghadam & Kouwen, 1997).

Effetti sulla velocità del flusso e sul livello idrometrico

Copertura erbosa sommersa

Consideriamo gli effetti della vegetazione in alveo sulla velocità del flusso nel caso di canali abbastanza larghi da potere trascurare gli effetti delle sponde.

In un grafico di Przedwotski & Blazejewski, 1995 si mostra l'andamento verticale della velocità media nel caso di canale protetto da erba delle Bermuda con altezza di circa 0.2 m, e nel caso di canale non protetto (con n = 0.03). È evidente che per altezze d'acqua non superiori a 3 ÷ 4 volte l'altezza dell'erba, la velocità media del flusso è molto minore per fondo ricoperto da vegetazione rispetto a quella che si osserva sul letto spoglio. Inoltre risultano minori anche i gradienti verticali di velocità e, conseguentemente, le azioni tangenziali. La riduzione delle azioni tangenziali implica una minore erosione in alveo e alla base delle sponde, aumentando di conseguenza la stabilità di sponda, come verrà approfondito nel seguito.

Vegetazione parzialmente sommersa rigida

Per lo studio del comportamento di vegetazione alta (dell'ordine della profondità del flusso) e rigida (ignorando il contributo di rami e foglie), posta in alveo, Li e Shen, 1973 forniscono importanti risultati sperimentali circa gli effetti sulle caratteristiche di deflusso

(altezza d'acqua e velocità) e sulle azioni tangenziali esercitate dalla corrente sul contorno.

Nelle Tabb. 9.6 e 9.7 si può osservare l'effetto di diverse densità e disposizioni di vegetazione su livello idrico, velocità di deflusso e azioni tangenziali medie al contorno: all'aumentare della densità di vegetazione aumenta il livello idrometrico, diminuisce la velocità media del flusso e diminuiscono le sollecitazioni tangenziali medie al contorno.

Nel caso di piante concentrate lungo una striscia longitudinale, a parità di numero di piante, la riduzione di velocità e azioni tangenziali al contorno è minima (casi A-V e B-V). La distribuzione più efficace per la riduzione di velocità media e azioni tangenziali al contorno è quella con piante distribuite in direzione trasversale e longitudinale rispetto alla corrente (casi A-VI e B-VI).

Tab. 9.6 - Risultati del modello in accordo con i risultati sperimentali secondo lo schema di distribuzione delle piante (Li & Shen, 1973).

Caso	Numero di piante n	Profondità del flusso D [m]	Velocità media V [m/s]	Azioni tangenziali medie al contorno τ [N/m^2]
A-I	64	0.64	0.752	1.125
A-II	0	0.30	1.587	5.975
A-III	32	0.50	0.968	1.977
A-IV	32	0.52	0.934	1.824
A-V	32	0.47	1.031	2.274
A-VI	32	0.52	0.928	1.800
A-VII	32	0.50	0.974	2.001
A-VIII	32	0.51	0.939	1.848

Diametro della vegetazione d = 0.1524 m; pendenza del fondo S = 0.002; grandezza media dei grani d_{65} = 0.9144 mm; portata Q = 5.89 m^3/s; peso specifico dei sedimenti γ_s = 26 kN/m^3.

Tab. 9.7 - Risultati del modello in accordo con i risultati sperimentali.

Caso	Numero di piante n	Profondità del flusso D [m]	Velocità media V [m/s]	Azioni tangenziali medie al contorno τ [N/m^2]
B-I	48	0.72	0.673	0.881
B-II	0	0.30	1.587	5.975
B-III	24	0.54	0.897	1.666
B-IV	24	0.55	0.882	1.604
B-V	24	0.51	0.939	1.848
B-VI	24	0.55	0.877	1.585
B-VII	24	0.54	0.902	1.690
B-VIII	24	0.55	0.882	1.604

Diametro della vegetazione d = 0.1524 m; pendenza del fondo S = 0.002; grandezza media dei grani d_{65} = 0.9144 mm; portata Q = 4.786 m3/s; peso specifico dei sedimenti γ_s = 26 kN/m3.

Per contro, cpme già osservato, bisogna tenere conto, come già affermato in precedenza, che la vegetazione può contribuire ad aumentare il rischio di esondazione, dal momento che, aumentando la scabrezza del fiume, impone livelli d'acqua maggiori, a parità di portata, rispetto ad un alveo non vegetato. Inoltre l'aumento della profondità del flusso può portare a valori e distribuzioni di velocità tali da estirpare la vegetazione. In sostanza quindi la presenza di vegetazione può aumentare la pericolosità di un evento e dunque il rischio idraulico ad esso associato.

L'effetto negativo della vegetazione sui livelli dell'acqua diventa particolarmente significativo nel caso di corsi d'acqua stretti (b < 10h); in questo caso la vegetazione sulle sponde influisce sulla distribuzione della velocità non solo vicino alla sponda, ma anche nella zona centrale dell'alveo.

Per la valutazione dell'influenza della vegetazione di sponda sulla capacità di deflusso si

può fare riferimento allo schema proposto da Hey (1979) che divide una sezione trapezoidale in tre aree che contribuiscono al convogliamento della portata totale.

Applicando questo schema a canali trapezoidali con sponde vegetate Masterman e Thorne (1992) hanno costruito un grafico praticamente analogo a quelli del 1984 di Kauch in cui si riportano in ascissa il rapporto b/h e, rispettivamente, in ordinata il valore $= (1 - Qv/Qsv)$ oppure il suo complementare $Qv/Qsv = \alpha$.

Da questi grafici si osserva come il contributo delle portate laterali rispetto alla portata totale diminuisca all'aumentare del rapporto b/h (larghezza/profondità), risultando rilevante l'influenza della vegetazione sulla capacità di deflusso ($(q_s + q_d)/Q_t = (Qsv - Qv)/Qsv = (1 - Qv/Qsv) = (1 - \alpha) > 5\%$) solo per alvei con rapporto b/h < 9. Quando invece b/h > 10÷15 la resistenza dipende soprattutto dalla scabrezza del letto e il contributo della vegetazione di sponda alla resistenza totale è trascurabile, dal momento che la somma delle portate laterali risulta inferiore al 5% della portata totale.

Naturalmente questo dipende dalla densità ("grado di piantagione" e "grado di copertura della vegetazione spondale") come rilevato in Kauch, 1998 e Kuster, 1996

A risultati analoghi si è giunti, analizzando con diverse schematizzazioni, sezioni reali di un corso d'acqua dell'alto Lazio ed estendendo l'analisi anche ai livelli idrici $-(hsv-hv)/hsv$ (Fig.9.8, Civitarese, lavoro inedito, com. pers.), il che consente una più pratica valutazione dell'effetto di aumento del rischio idraulico e dell'estensione delle aree inondabili.

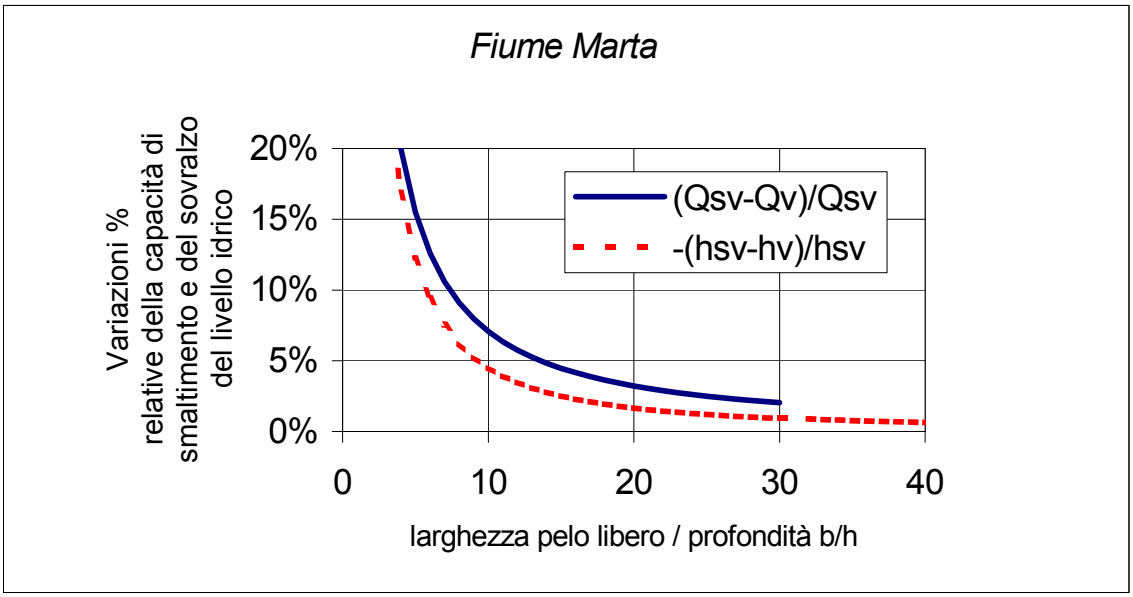


Fig. 9.8 - Variazione del rapporto tra portate laterali e portata totale (riduzione della capacità di smaltimento) e della variazione relativa di altezza idrica (sovralzo) in presenza ed assenza di vegetazione in funzione del rapporto larghezza/profondità per alvei con sponde vegetate (rielaborazione con il modello Hmodel (Darby, 1995) al caso del fiume Marta del diagramma analogo di Mastermen & Thorne, 1992 valido per sezione trapezoidale).

Vegetazione parzialmente sommersa flessibile

Pasche e Rouvé (1985) hanno studiato l'effetto della vegetazione di sponda sulle caratteristiche del deflusso con un modello unidimensionale basato sull'assunzione di turbolenza semplice. In questo modello, la cui validità è stata confermata da risultati sperimentali, la resistenza dovuta allo scambio di quantità di moto viene considerata dividendo il canale in diverse sezioni e considerando le tensioni di taglio dovute alla turbolenza come tensioni dovute ad una parete immaginaria.

La distribuzione di velocità lungo la sezione è data in Fig. 9.9, mentre la Fig. 9.10 mostra la differenza fra l'andamento reale della velocità e delle azioni tangenziali in presenza di vegetazione (linea continua) e quello relativo alla schematizzazione della vegetazione con un muro immaginario (linea tratteggiata).

La velocità media è espressa dall'equazione di Darcy-Weisbach, considerando il perimetro bagnato diviso in zone di diversa scabrezza:

$$v = \sqrt{\frac{8 \cdot g}{\sum \frac{(\lambda_i \cdot P_i)}{P}}} \cdot \sqrt{R \cdot S}$$

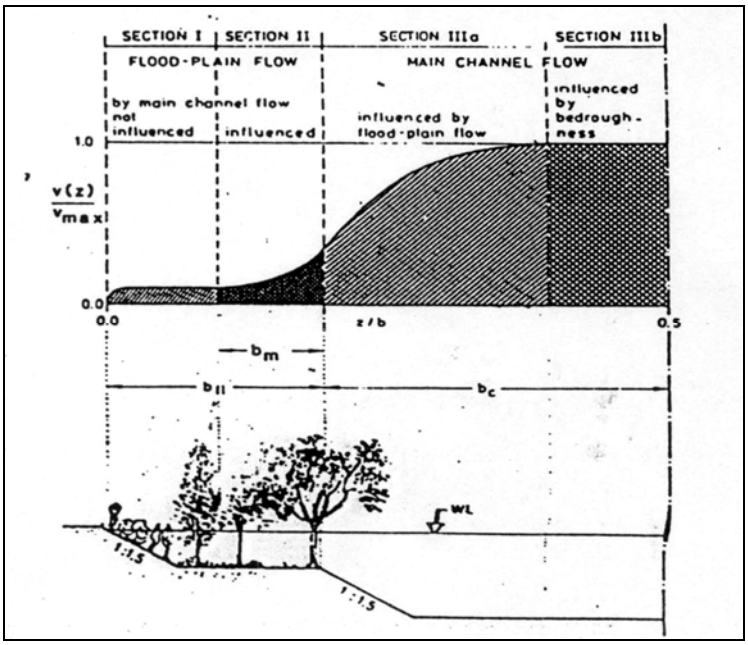


Fig. 9.9 - Canale composito suddiviso in differenti sezioni di deflusso(Pasche & Rouvè, 1985).

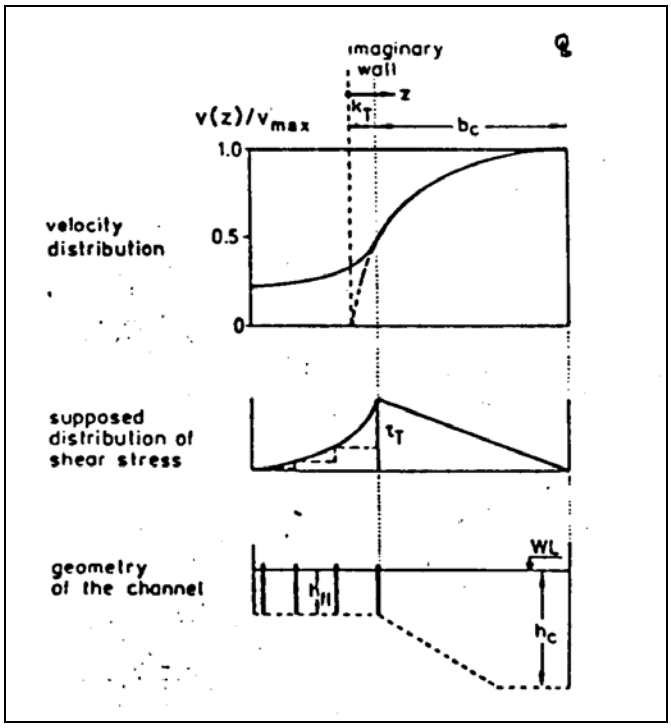


Fig. 9.10 - Schema di distribuzione della velocità e delle tensioni di taglio (Pasche & Rouvè, 1985).

Nella zona di espansione laterale, non influenzata dalla corrente principale (sezione I), il flusso è dominato dagli elementi di scabrezza non sommersi. La velocità media in quest'area è data da:

$$v_{f1} = \sqrt{\frac{8 \cdot g}{\lambda_{l,f1} + \lambda_v}} \cdot \sqrt{h_{f1} \cdot S}$$

dove: $\lambda_{l,f1}$ = coefficiente di attrito del letto nell'area considerata, λ_v = coefficiente di attrito dovuto alla vegetazione, h_{f1} = altezza d'acqua nell'area considerata.

Come si vedrà sono stati proposti molti modi di esprimere la scabrezza dovuta a vegetazione; Pasche e Rouvé (1985) propongono:

$$\lambda_v = \frac{4 \cdot h_{f1} \cdot d_p}{a_x \cdot a_z} \cdot C_{dT}$$

con: d_p = diametro della pianta, a_x, a_z = distanza delle piante nelle direzioni x e z, C_{dT} = coefficiente di resistenza per tronchi cilindrici.

Nella zona del canale principale influenzata dalla scabrezza delle sponde (sezione IIIa) il flusso è condizionato contemporaneamente dalla vegetazione di sponda e dalla scabrezza del letto del canale principale. Il problema più grosso è la valutazione dell'attrito che si sviluppa nell'interfaccia tra aree golenali e canale principale; se la densità di vegetazione è alta, il piano di interfaccia può essere interpretato in senso idrodinamico come una parete.

Considerando l'effetto dominante degli sforzi di taglio immaginari sull'interfaccia, il flusso nel canale principale può essere considerato approssimativamente bidimensionale. Applicando la legge logaritmica si ottiene una distribuzione trasversale di velocità pari a:

$$\frac{v(z)}{v_*} = \frac{1}{k} \cdot \ln\left(\frac{z}{k_T}\right) + c_T$$

dove k = costante di von Karman; k_T = altezza di scabrezza immaginaria; $c_T = v_T / v_*$ è la velocità adimensionale di scorrimento sulla parete immaginaria.

Dai risultati sperimentali si è visto che il coefficiente di attrito finale dipende dalla densità della vegetazione e da una larghezza b_m, detta di interazione, che rappresenta la larghezza della zona inondabile che influisce con la sua scabrezza sul flusso nel canale principale; il coefficiente di attrito può essere espresso dalla:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda_T}} = -2.03 \cdot \log\left[c_1 \cdot \left(\frac{b_m}{b_c}\right)^{\gamma} \cdot \Omega\right]$$

con Ω funzione della distanza tra le piante, b_c = larghezza del canale principale.

Nella zona inondabile influenzata dal flusso nel canale principale (sezione II), gli sforzi apparenti che agiscono sulla parete immaginaria dipendono soprattutto dalla resistenza degli elementi di scabrezza non sommersi. Questa resistenza può essere approssimata con una funzione parabolica dando una distribuzione della velocità nella sezione II pari a:

$$v(z) = \Delta v_{f1} \cdot \left(1 - \frac{z}{b_m}\right)^3 + v_{f1}$$

Masterman e Thorne hanno studiato l'andamento della riduzione della capacità di deflusso di un fiume in funzione della crescita stagionale delle piante (rappresentata dall'aumento della rigidità). Lo studio riguarda sempre canali trapezoidali con angolo di inclinazione di sponda costante:. si vede come al crescere del rapporto B/h la riduzione percentuale di capacità di deflusso dovuta alla vegetazione di sponda (*(Qi- Q)/Qi = (Qsv- Qv)/Qsv*) diventi sempre meno significativa, fino ad essere trascurabile anche per alta densità di vegetazione (Fig. 9.11).

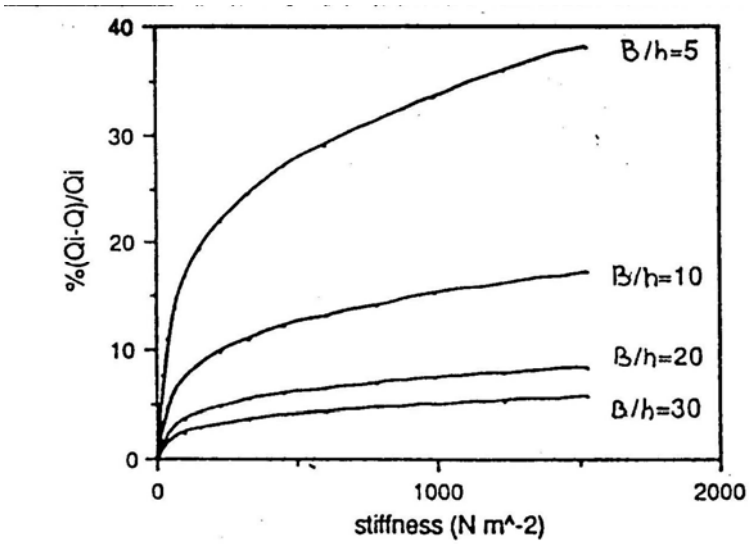


Fig. 9.11 - Riduzione percentuale della capacità di deflusso con la crescita stagionale della vegetazione di sponda (Mastermen & Thorne, 1992).

CAPITOLO 10

RELAZIONE SUI RAPPORTI TRA LE OPERE E GLI ECOSISTEMI

P. Cornelini

La necessità di salvaguardare il patrimonio genetico del pianeta è stata ribadita nel Congresso di Rio de Janeiro del 1993 le cui direttrici sono state riprese nelle Linee strategiche per l'attuazione della convenzione della biodiversità dal Ministero dell'Ambiente nel 1994 che, tra l'altro , si occupano della protezione degli ecosistemi dei corsi d'acqua considerati a forte pressione antropica.

Anche il Piano Nazionale delle zone umide del Ministero dell'Ambiente del 1996 considera la "conservazione e la riqualificazione ambientale delle zone umide degradate attraverso un programma di recupero con interventi di fitodepurazione, rinaturalizzazione delle sponde ed ambienti circostanti, etc.".

Tale attenzione alla riqualificazione dei corsi d'acqua è ribadito anche in numerosi documenti delle Autorità di Bacino interessanti il territorio laziale.

Le tecniche di ingegneria naturalistica rappresentano lo strumento operativo per il raggiungimento dell'obiettivo di una gestione del territorio a compatibilità ambientale nell'ottica della salvaguardia degli ecosistemi e dell'aumento della biodiversità.

Tali tecniche, infatti , risultano in molti casi un'alternativa possibile alle opere in grigio, che distruggono unità ecosistemiche e ne impediscono qualunque possibile ricostruzione, in quanto creano una barriera impermeabile alla vita e recidono alla radice i legami tra le componenti viventi (piante, animali, suolo) e non viventi (substrato geologico, falda idrica, etc.) dell'ecosistema stesso.

Le opere di I.N. negli interventi idraulici consentono, invece, di raggiungere l'obiettivo progettuale, ad esempio di consolidamento delle sponde, con le piante vive in abbinamento a materiali morti quali il legno, la pietra, le reti in acciaio, le biostuoie, etc., che vengono comunque utilizzati in maniera da mantenere la permeabilità della struttura agli scambi di materia ed energia tra la sponda ed il corso d'acqua.

Ciò consente lo sviluppo di nuove unità ecosistemiche la cui realizzazione rappresenta uno a delle finalità degli interventi di I.N.

La realizzazione di una palificata viva spondale o di una copertura diffusa di salici comporta, nel tempo, non solo il consolidamento del piede della sponda o la sua stabilizzazione antierosiva, ma la realizzazione di un cespuglieto igrofilo di salici e di nicchie ecologiche per gli animali terrestri ed acquatici.

Si opera quindi per la ricreazione di unità ecosistemiche rare in Italia come quelle igrofile; le principali unità che è possibile favorire con gli interventi di I.N. nel Lazio sono:

- Le fitocenosi acquatiche delle correnti rapide che si riferiscono all'alleanza *Ranunculion fluitans* e sono caratterizzate dalla presenza di specie del genere *Ranunculus*, sottogenere *Batrachium.*
- Le fitocenosi acquatiche delle correnti lente dei corsi d'acqua minori o dei canali d'irrigazione. Nella classe *Potametea pectinati* si raggruppano le comunità vegetali a rizofite (radicate sul fondo) e pleustofite del tipo idrocaridi (che galleggiano liberamente sulla superficie dell'acqua e con foglie galleggianti specializzate).
- La vegetazione delle acque stagnanti
- Fitocenosi flottanti o affioranti di acque stagnanti o debolmente fluenti ascrivibili all'alleanza *Nymphaeion albae,* caratterizzate dalle "*ninfeidi"* (con fusti ancorati al fondo e foglie galleggianti).
- Vegetazione dell'ambiente palustre caratterizzata da consorzi a *Phragmites australis, Typha* sp. pl. e *Schoenoplectus lacustris,* che rientrano nell'alleanza *Phragmition australis*.
- Formazioni erbacee umide
- Fitocenosi a grandi carici appartenenti all'alleanza *Magnocaricion* che si sviluppano verso l'entroterra a ridosso delle comunità dell'alleanza *Phragmition*
- Le associazioni pioniere arbustive ed arboree delle rive soggette a frequenti e prolungate piene (*Salicetalia purpureae)* che si distinguono in:

  Arbusteti pionieri su alluvioni grossolane caratterizzati da salici arbustivi (*Salicion eleagni*)

  Boscaglie su alluvioni fini caratterizzate da salici (*Salicion albae*)
- Le associazioni a pioppi, frassini ed ontani che si insediano sui terrazzi fluviali nelle zone meno frequentemente raggiunte dalle piene, su suoli alluvionali evoluti o su suoli zonali con varianti determinate da processi di gleyficazione *(Populetalia albae*).

Tali unità ecosistemiche lungo i corsi d'acqua, che rappresentano elementi lineari, consentono, oltre ad un incremento della biodiversità nelle aree antropizzate quali quelle delle

pianure ove le attività umane hanno distrutto le antiche comunità vegetali, anche la possibilità di realizzare, dei corridoi ecologici di collegamento dell'ecomosaico territoriale.

Una fascia vegetata al lato dei corsi d'acqua permette il contatto per uno scambio biologico alle comunità biotiche di boschi distanti tra loro, dando la possibilità alle popolazioni faunistiche di non subire gli effetti dell'isolamento genetico.

Analogamente la realizzazione di aree umide di espansione all'interno od al di fuori del corso d'acqua rappresenta degli *stepping stones* (aree naturali minori costituenti punti di appoggio per gli scambi biologici tra gli habitat maggiori).

Anche interventi di I.N. con materiali morti, ma con finalità di favorire gli spostamenti faunistici, quali le rampe di risalita per i pesci o i collegamenti per gli anfibi, vanno nella direzione di mantenere i collegamenti biologici tra gli habitat, necessari al completamento del ciclo riproduttivo delle specie animali.

Gli interventi di I.N. vanno quindi visti nel quadro della rinaturazione dei corsi d'acqua che deve comprendere non solo interventi antierosivi con le specie vegetali vive, ma anche azioni volte al massimo della diversità morfologica nel tracciato o nella sezione dell'alveo, per offrire nicchie specializzate alle comunità ittiche e bentoniche.

Nella tabella vengono riportati i benefici in termini di biodiversità derivanti da una gestione dei corsi d'acqua con l'approccio progettuale dell'ingegneria naturalistica.

CAPITOLO 11

Premesse (G. Sauli)

Vengono di seguito presentate le schede di 40 tecniche di I.N. ritenute le più adatte alle sitemazioni in ambito idraulico nel Lazio. Si è adottata la divisione classica già citata in : interventi antierosivi, interventi stabilizzanti e interventi combinati di consolidamento. Non sono state per il momento riportate alcune tecniche più tipicamente utilizzabili in ambito terrestre e che saranno trattate nel II volume quali: semina a spessore, idrosemina con matrice di fibre legate; non compaiono inoltre tecniche che utilizzano componenti in calcestruzzo: mantellate in cls, muri cellulari, ecc. sia perché sono spesso sostituibili con tecniche più naturalistiche e con caratteristiche di elasticità migliori, sia per problemi di tipo funzionale che alcune strutture hanno manifestato (muri cellulari soggetti a svuotamenti durante le piene). Il repertorio delle tecniche è comunque aperto sia per la auspicabile introduzione di adattamenti e varianti regionali, sia per nuove tecniche, sia per miglioramenti quali - quantitativi sempre possibili nel settore dell' I.N.
Per la stesura delle schede ci si è basati sulle esperienze e sui suggerimenti dei vari Autori (citati in Appendice C - Biliografia Capitolo 13) ed in particolare Schiechtl, Florineth, Zeh, che qui ringraziamo. La numerazione citata al titolo nelle voci di capitolato corrisponde a quella delle "Linee guida per capitolati speciali per interventi di ingegneria naturalistica e lavori di opere a verde" del Ministero dell'Ambiente (sett. '97).
Sono stati anche visionati i manuali, gli elenchi e le analisi prezzi che risultano prodotti dalle singole Regioni italiane sul tema dell'I.N. (vedi tabella che segue).

REGIONI	M	P	A	L	C	note
ABRUZZO						
BASILICATA	X					
CALABRIA						
CAMPANIA				X		
EMILIA ROMAGNA	X	X	X	X	X	
FRIULI VENEZIA GIULIA		X*	X*	X	X	
LAZIO	X*	X*	X*	X	X	* in stampa
LIGURIA	X			X	X	
LOMBARDIA	X			X	X	
MARCHE	X	X		X	X	
MOLISE						
PIEMONTE	X	X	X	X		
PUGLIA						
SARDEGNA						
SICILIA						
TOSCANA	X			X	X	
TRENTINO ALTO ADIGE	X	X	X	X	X	
UMBRIA	X*			X		
VALLE D'AOSTA						
VENETO	X	X	X	X		

LEGENDA
M = Manuale tecniche I.N.
P = Elenco prezzi interventi I.N.
A = Analisi prezzi interventi I.N.
L = Leggi regionali sull'argomento
C = Circolari sull'argomento

Le schede sono organizzate in:

- Parte descrittiva per argomenti :
    - Descrizione sintetica
    - Campi di applicazione
    - Materiali impiegati
    - Modalità di esecuzione
    - Raccomandazioni
    - Limiti di applicabilità
    - Vantaggi
    - Svantaggi
    - Effetto
    - Periodo di intervento
    - Possibili errori
- Voce di capitolato
- Sezione tipo
- Vista prospettica
- Documentazione fotografica
- Analisi prezzi (per Provincia) basata sull' elenco prezzi della Regione Lazio del '99 (in Appendice A).

Data la scarsa esperienza sinora maturata in Lazio su interventi di I.N. tutti gli elementi tecnici e finanziari contenuti nelle schede sono da considerarsi in continuo aggiornamento sulla base delle risultanze dei numerosi cantieri in corso d'opera e in progettazione attualmente.
La documentazione grafica e fotografica è solo in parte derivata da esperienze regionali ed ha attinto a esperienze nazionali ed internazionali.
L'uso dei dati tecnici e finanziari contenuti nelle schede prevede da parte dei progettisti uno sforzo di adattamento ad ogni singolo progetto. Va escluso l'utilizzo pedissequo (a fotocopia) che impedisce la personalizzazione del progetto e induce in possibili errori con conseguenze in fase di appalto e di esecuzione.
I periodi di intervento, ad esempio, sono riferiti ad una condizione media climatica, mentre va tenuto conto delle notevoli variazioni derivanti dai fattori di esposizione, altitudine, ecc. di ogni singola stazione.
Si è cercato di riportare al titolo di ogni scheda eventuali sinonimie. Per certe tecniche la denominazione, legata a quella di certi materiali, è ancora in fase di assestamento. Certi materiali vengono ad esempio per invalso uso definiti reti, stuoie, biostuoie, biotessili, ecc. senza tener conto delle corrette definizioni merceologiche (rete = annodata agli incroci, stuoia = solo intreccio).
Al di là della denominazione, che crea spesso confusione in sede internazionale nelle traduzioni, ma anche nazionale sull'identificazione, vale la descrizione e la sezione tipo. Vanno citati in tal senso il dizionario plurilingue dei termini di I.N. (AA.VV 1996) ed il glossario figurato plurilingue delle tecniche di I.N. in preparazione da parte della Federazione Europea per l'Ingegneria Naturalistica (EFIB) con la partecipazione dell'AIPIN.
Per quanto riguarda la terminologia dell'I.N. viene riportato in Appendice B un Glossario essenziale. Va sottolineato che in tutto il manuale è stato usato il termine "piantagione" mentre è da considerarsi obsoleto il termine "piantumazione" ancora usato talvolta in certi progetti e capitolati.

Si deve precisare che nei disegni tridimensionali si perde la definizione dei particolari. Inoltre il disegno vuole essere schematico, una vista d'insieme non necessariamente realistica. Ciò che fa fede è invece la sezione tecnica.

CAPITOLO 12

I MATERIALI

M. Comedini

In funzione dei problemi da risolvere o dei miglioramenti da apportare ad un ecosistema paranaturale, le tecniche d'ingegneria naturalistica utilizzano diversi materiali, seguendo il principio di associare materiali vivi (piante) e materiali inerti.

Attualmente, oltre ai materiali inerti naturali il mercato offre una vasta gamma di materiali industriali, perciò è opportuno suddividere i vari materiali disponibili in:

Materiali organici

vegetali vivi

inerti naturali

inerti industriali

Materiali inorganici

Naturali

industriali

Materiali vegetali vivi

Sono materiali provenienti dal mondo vegetale che hanno la capacità di rinnovarsi rapidamente rendendo più stabile il terreno:

- Sementi;
- Semenzali e trapianti di specie arbustive o arboree;
- Talee di specie arbustive o arboree: la talea è un segmento di fusto separato dalla pianta madre capace di produrre radici avventizie e di rigenerare così un altro esemplare, a volte con sviluppi considerevoli ed in breve tempo (per es. salici, pioppi, noccioli).

Le talee possono presentarsi sotto diverse forme:

- Culmo: stelo di graminacea, in genere elofita, che produce un tallo;
- Talea piccola: fusto legnoso di 50 ÷ 100 cm di lunghezza ed un diametro < 1÷2 cm.
- Talea grossa: fusto legnoso di 1÷ 3 m di lunghezza ed un diametro di 2÷5 cm;
- Astone: fusto legnoso sino a 7 m di lunghezza ed un diametro di 4 ÷ 15 cm;
- Ramaglia: rami dai quali non vengono eliminate le ramificazioni secondarie;
- Rizomi e radici: parti di organi sotterranei di riserva, in prevalenza di elofite, capaci di produrre nuove piante;
- Piote erbose (zolle): insieme compatto di radici e fusti erbacei, di origine naturale o prodotti in vivaio; vengono commercializzati in elementi di dimensioni variabili (0.3÷0.5x0.5÷2.5 m), hanno uno spessore di 1 ÷ 5 cm ed un peso di 20 ÷ 30 kg/m^2.

Particolare attenzione andrà posta per la salvaguardia della vegetazione arborea e arbustiva presente in loco, in quanto, se compatibile con i lavori previsti, consente di ottenere, a costo zero, un recupero ambientale, nonché idrogeologico, più immediato e sicuro.

Quando si opera con materiale vegetale vivente il grado di attecchimento richiesto può essere variabile a seconda che si utilizzino piantine a radice nuda o in contenitore. Esso varia anche in relazione alla densità di impianto.

Di seguito, si possono riportare alcuni valori ottimali, considerando l'attecchimento uniformemente distribuito sul terreno.

- Al collaudo:
  - Piantina a radice nuda: non inferiore al 90%;
  - Piantine in contenitore: non inferiore al 100%.
  - Alla fine del periodo di garanzia:
  - Piantina a radice nuda: non inferiore all'80%;
  - Piantine in contenitore: non inferiore al 90%.

Qualora si eseguano dei recuperi ambientali in zone soggette al pascolo di animali domestici o selvatici è consigliato realizzare opportune recinzioni per la protezione delle piantine.

L'uso di mezzi meccanici idonei consente di ridurre l'impatto anche nelle importanti fasi di impianto del cantiere e di realizzazione dell'opera.

I recuperi ambientali si basano, oltre che su precise regole ecologiche, anche sul rispetto e sulla sensibilità nei confronti della flora e della fauna spontanea dell'ambiente in generale. Al termine dell'intervento è opportuno rimuovere tutti i residui di lavorazione ancora presenti nel cantiere (contenitori vari, parti di griglie o reti, filo di ferro).

SEMENTI

I principali obiettivi raggiungibili con l'impiego di idonei miscugli di sementi di specie erbacee sono di carattere idrogeologico (azione antierosiva), naturalistico e paesaggistico.

I campi d'applicazione degli inerbimenti sono vari:

- Versanti franosi;
- Piste da sci;
- Argini fluviali;
- Ex - cave;
- Discariche;
- Infrastrutture viarie o ferroviarie.

Particolare attenzione andrà posta nell'adeguato modellamento del terreno, nella corretta scelta del periodo d'intervento, ma soprattutto nella selezione del miscuglio delle sementi da impiegare in funzione delle condizioni pedoclimatiche e della vegetazione presente nella località in cui si intende intervenire.

Un buon miscuglio è composto da graminacee (ad azione radicale superficiale), da leguminose (ad azione radicale profonda e con capacità di arricchimento del terreno con azoto), e talvolta da specie arbustive o arboree.

Un ottimo prodotto può essere considerato il "fiorume" ricavabile dai fienili, anche se, il suo reperimento risulta difficoltoso, in quanto la fienagione avviene in un determinato periodo della stagione, precisamente prima che il seme raggiunga la piena maturità (questo per ottenere un prodotto di grande nutrimento per gli animali). Il taglio precoce delle piante, pertanto, non permette di ottenere una grande quantità di seme maturo (le quantità richieste di fiorume sono comunque elevate $0.5 \div 2$ kg/m^2); se ne consiglia pertanto l'uso solo su piccole superfici di notevole valore naturalistico) ed elevata qualità di semi, che possono essere utilizzati per miscugli e idrosemine.

La semina del fiorume o del seme prodotto in vivaio, da effettuarsi preferibilmente durante il periodo vegetativo, può avvenire manualmente o meccanicamente ed appartenere alle seguenti diverse tipologie:

- **Semina a spaglio**;
- **Idrosemina**: le sementi di specie erbacee sono poste in soluzioni acquose contenenti concimi chimici o organici, sostanze miglioratrici del terreno, leganti, prodotti fito – ormonici fibre vegetali, pasta di cellulosa; diverse sono le soluzioni possibili, in relazione alla tipologia ed alla quantità delle sostanze impiegate:
    1) idrosemina semplice: costituita da seme, fertilizzante e collante. Crea un letto di germinazione ottimale su terreni in cui è presente abbondante frazione fine e colloidale, ma con inclinazioni non superiori a 20°.
    2) idrosemina con mulch: è come la 1) con l'aggiunta di mulch di fibre e di legno o di pasta di cellulosa. E' adatta a terreni con le stesse caratteristiche della 1) ma con inclinazioni fino a 35° e con presenza di fenomeni erosivi di media intensità.
    3) idrosemina con mulch a fibre legate: è una idrosemina con mulch in fibre di legno di lunghezza controllata in quantità elevata e collante naturale ad elevata viscosità. E' una idrosemina con un forte potere protettivo ed elevata capacità di ritenzione idrica. E' adatta a terreni fortemente erodibili con inclinazione fino a 50°-60° (1,2:141,7:1), mediamente poveri di materia organica e di frazione fine.
    4) idrosemina a spessore: è una idrosemina ricca di materiale organico (torba ed eventualmente compost) e mulch di fibre di legno. E' adatta alle situazioni in cui il substrato è particolarmente povero di materiale organico, è sassoso o roccioso. In condizioni difficili per forte pendenza e sulle terre rinforzate si miscela della paglia triturata da aggiungere all'ultimo passaggio per la formazione di una copertura che dovrà avere uno spessore variabile da 2 a 4 cm a seconda della quantità di materia organica.
- **Semina con coltre protettiva di paglia (*mulch*)**: le sementi vengono distribuite sul terreno e poi ricoperte da materiale vegetale a funzione protettiva; è particolarmente idonea su superfici povere di humus;
- **Semina con coltre protettiva di paglia e bitume**: le sementi vengono coperte da sostanze vegetali (paglia) fissata da un'emulsione bituminosa a funzione protettiva.

E' comunque sempre consigliato l'inserimento di specie vegetali tipiche della zona, anche se l'azione miglioratrice del terreno di particolari specie pioniere transitorie può costituire un valido aiuto all'insediamento di quelle definitive più esigenti.

SEMENZALI

- **Semenzali e trapianti di specie arbustive o arboree**: si possono impiegare sulle rive dei corsi d'acqua (al piede delle sponde le piante elofite, nell'alveo le idrofite) o sulle pendici instabili, anche ad integrazione del consolidamento effettuato con talee. Gli alberi e gli arbusti possono essere acquistati a **radice nuda** (latifoglie), in **fitocella o con pane di terra** e l'apparato radicale dovrà essere proporzionato alle dimensioni della chioma; va sottolineato il fatto che, però, le piante a radice nuda non offrono le stese garanzie di attecchimento di quelle in fitocella o con pane di terra. Per quanto concerne la messa a dimora delle piantine, il periodo più idoneo è quello del riposo vegetativo. Particolare cura dovrà essere posta sia nell'acquisto del materiale vegetale, verificando attentamente la provenienza, lo stato sanitario (assenza di malattie, parassiti, ferite..) e le dimensioni, sia durante il trasporto e la messa a dimora delle piante, al fine di evitare di procurare loro ferite, traumi, essiccamenti.

TALEE E ASTONI

- Talea: diverse specie (*Salix spp., Populus spp*.) hanno la capacità di svilupparsi a partire da semplici rami o loro parti, denominate appunto talee (getti non ramificati, lignificati, della lunghezza da 25 a 60 cm) o astoni (getti diritti poco ramificati con una lunghezza lunghi 1-3 m). Con esse si possono realizzare alcune tra le tipologie di consolidamento del terreno più importanti, quali:
  - La viminata: talee intrecciate tra paletti;
  - La fascinata: rami lunghi e raccolti a mazzi, di lunghezza > 1m (astoni); si possono così realizzare consolidamenti di pendici soggette ad erosione, nonché drenaggi;
  - La difesa spondale con ramaglia (getti ramificati di almeno 60 cm di lunghezza e di differente spessore): fasci di rami stesi in una nicchia d'erosione di una sponda fluviale e trattenuti da pali di legno; l'effetto filtrante della struttura determina un deposito dei materiali fini trasportati in sospensione dalla corrente che aumenta la stabilità dell'opera, la quale protegge la sponda dall'azione erosiva dell'acqua;
  - La copertura diffusa con astoni (3 m): grosse talee disposte sulle sponde dei corsi d'acqua in modo da formare un rivestimento dell'intera superficie e svolgere così una funzione antierosiva;
  - Il rinverdimento dei manufatti: le talee sono utilissime per poter rinverdire le opere di consolidamento, di sostegno o di difesa spondale quali: gabbioni, scogliere, muri di sostegno o palificate. L'epoca del taglio e dell'utilizzo delle talee è legata al periodo di riposo vegetativo delle diverse specie e, quindi, a quello autunnale – primaverile; tutte le talee per potere radicare e svilupparsi, devono essere dotate di gemme laterali. Le talee, se poste orizzontalmente, producono una maggiore massa di radici, a differenza di quelle poste in senso verticale. Particolare attenzione andrà, infine, posta durante il trasporto e lo stoccaggio al fine di evitarne l'essiccamento.

Si dovrebbero impiegare parti di piante legnose quanto più grosse e lunghe possibili - adattate di volta in volta al metodo di costruzione, poiché il successo della radicazione e della cacciata aumenta col crescere del volume dei rami. in base all'esperienza, i risultati migliori si ottengono con porzioni della grossezza di un dito fino a quella di un braccio. Verghe e rami sottili disseccano facilmente e quindi vengono per lo più impiegati solo in combinazione con parti vegetali più grosse. Per procacciarsi le quantità occorrenti di parti vegetali si hanno le seguenti possibilità a disposizione:

MARGOTTE

- Margotta: tecnica che consiste nel piegamento di un ramo o di un pollone e nel suo successivo interramento: in tali condizioni vengono emesse nuove radici e, una volta che il ramo viene separato dalla pianta madre, si ha un nuovo esemplare.

RIZOMI

- Rizomi: si possono ottenere individui arborei o arbustivi anche utilizzando rizomi o loro pari.

PIOTE O ZOLLE ERBOSE

- Piote o zolle erbose: servono a proteggere le sponde o i pendii sistemati di recente. La posa in opera delle zolle può avvenire in diversi modi: a scacchiera, a linee oblique, a cordoni orizzontali, in modo continuo o isolatamente; gli eventuali spazi vuoti verranno chiusi naturalmente dalla vegetazione spontanea con il passare del tempo, anche se, a volte si potranno verificare difficoltà in tal senso. In relazione agli elevati costi d'impianto, gli interventi che prevedono al copertura totale potranno essere effettuati solo su piccole superfici o in zone molto importanti da un punto di vista naturalistico laddove l'impiego di specie autoctone risulti essere indispensabile; va sottolineato il fatto che l'utilizzo di zolle provenienti da località limitrofe è una garanzia d'idoneità del materiale di propagazione utilizzato.
- Tappeto erboso: assolve alle stesse funzioni delle piote erbose naturali, ma la sua produzione in vivaio offre alcuni vantaggi: maggiore disponibilità, maggiore uniformità e relativo migliore attecchimento.

Materiali organici inerti naturali ed artificiali

I materiali di origine organica, ma senza capacità vegetativa, vengono detti inerti o "morti"; il loro uso può rendersi necessario, quando sia richiesta una efficacia immediata dell'intervento, che non possa essere garantita dalle piante a causa dei tempi necessari al loro sviluppo:

Materiali organici inerti naturali

- Legname: tronchi, ramaglia, sciaveri;
- Concimi organici: da impiegarsi qualora il substrato sia povero di sostanze nutritive.
- Ammendanti: sostanze miglioratrici del terreno: idonee su substrati poveri di sostanze nutritive o con una struttura ed una tessitura del terreno non ottimali.
- Stuoie o reti di juta, fibra di cocco o di altri vegetali (es. paglia, sisal, kenaf): sono strutture a maglie aperte realizzate mediante tessitura (o annodatura) di fibre vegetali;
- Biostuoie: sono materassini di fibre vegetali (legno, paglia, cocco), contenute in reticelle poliolefiniche o organiche (ad esempio juta), in commercio sono disponibili anche stuoie preseminate o preseminate e preconcimate;

- Mulch di legno, pasta di cellulosa vergine o riciclata per impieghi nelle miscele da idrosemina.

LEGNAME

Il legname viene impiegato con funzione di consolidamento temporaneo in attesa che la vegetazione subentri in tale ruolo. Si usano vari tipi di essenze: abete, larice, castagno sono i materiali più diffusi. Spesso ai fini di aumentarne la durabilità vengono scortecciati. Le dimensioni, sia lunghezza che diametro, variano a seconda degli impieghi: palificate vive, grate vive, palizzate vive, cordonate, copertura diffusa ecc.

STUOIE, RETI E BIOSTUOIE

Stuoie, reti e biostuoie possono essere impiegate in svariate condizioni, prevalentemente con funzione di controllo dell'erosione, nelle opere di:

- Consolidamento di versanti franosi;
- Consolidamento di dune costiere;
- Consolidamento di piste da sci;
- Recupero di ex – cave;
- Consolidamento di rilevati artificiali (discariche, infrastrutture viarie e ferroviarie..);
- Costruzione di barriere antirumore;
- Realizzazione di parchi urbani ed impianti sportivi.

questi materiali offrono svariati vantaggi.:

- Riduzione dell'erosione superficiale di origine idrica o eolica durante il delicato periodo post – intervento di sistemazione in attesa che la copertura vegetale si affermi; sono particolarmente utili in zone caratterizzate da notevoli avversità ambientali;
- Non ostacolano, bensì favoriscono l'inerbimento delle superfici interessate le superfici interessate dall'intervento, sia grazie alla capacità di trattenuta delle particelle più fini utili allo sviluppo della vegetazione, sia per la costituzione di un supporto per le specie vegetali pioniere;
- Riduzione dell'evaporazione idrica del terreno e capacità di conservazione di un certo grado di umidità del suolo: alcuni prodotti di origine naturale possono assorbire $2 \div 3$ l/m^2 di acqua;
- Formazione di un benefico "effetto-serra" con conseguente trattenuta di calore;
- Capacità di drenaggio superficiale degli accumuli di acqua nel terreno;
- Disponibilità di una vasta gamma di prodotti con con trama, struttura e resistenze diverse che si prestano all'applicazione in diverse condizioni.
- Competitività economica rispetto a soluzioni tradizionali, in relazione ai costi di produzione, di trasporto e di posa in opera.
- capacità di incrementare la fertilità del terreno in seguito alla loro decomposizione e conseguente apporto di sostanza organica; esse sono totalmente biodegradabili, in quanto

costituite da cellulosa e lignina (si decompongono completamente in 1÷6 anni) ed inoltre non sono dannose per piante ed animali.

Materiali organici e inorganici naturali

I materiali naturali usati tradizionalmente nell'ingegneria naturalistica sono:

- terreno vegetale (organico)
- fertilizzanti, compost, ecc. (organici)
- pietrame, altri inerti (inorganici)

TERRENO VEGETALE

In relazione al valore ecologico intrinseco del terreno vegetale, eventualmente presente, nell'area oggetto di un qualsiasi intervento sul territorio che prevede un successivo recupero ambientale, è consigliato provvedere alla rimozione ed allo stoccaggio del suddetto terreno che in seguito, potrà essere utilizzato in loco al fine di costituire un prezioso substrato per la messa a dimora di specie vegetali.

Il terreno vegetale eventualmente utilizzato e proveniente da altro sito dovrà rispondere a determinate caratteristiche, quali:

- Assenza di corpi estranei;
- Assenza di pietrame;
- Presenza di materiale inerte grossolano, avente un diametro > 2 mm, in quantità inferiore al 25% del volume totale;
- Assenza di materiale legnoso (tronchi, rami, radici);
- Assenza di agenti patogeni della vegetazione;
- Assenza di sostanze tossiche;
- Presenza della parte organica (batteri, micorizze, microfauna, ecc.)

A tal fine l'analisi del suolo consentirà di evidenziare le caratteristiche fisico – chimiche del materiale.

E' importante non eccedere nella quantità di terreno vegetale adoperato in quanto le radici delle piante tenderebbero a colonizzare lo strato fertile, ma incoerente, senza ancorarsi al substrato roccioso, con possibili conseguenze di smottamenti per sovraccarico; è consigliato, quindi riportare uno strato di terreno non superiore a 5 ÷ 10 cm di spessore.

FERTILIZZANTI, COMPOST

PIETRAME

Pietrame: viene impiegato spesso per opere di protezione, di consolidamento e, più raramente, di sostegno, nonché per la realizzazione di opere trasversali quali le rampe di risalita per pesci;

Materiali inorganici industriali

Esistono diversi prodotti industriali che consentono di integrare efficacemente le tecniche "biologiche" e svolgere diverse funzioni in maniera permanente:

- Controllo dell'erosione dell'erosione superficiale dovuta agli agenti metorici
- Controllo dell'erosione in ambito fluviale
- Contenimento e rinforzo per la realizzazione di opere di sostegno
- Rinforzo del terreno: aumento della resistenza al taglio del terreno al fine di aumentarne la stabilità e di realizzare pendii e opere di sostegno.
- Drenaggio
- Separazione e filtrazione
- Impermeabilizzazione
- Contenimento e rafforzamento superficiale
- Funzioni accessorie (fissaggio e collegamento)
- Correzione ed integrazione delle proprietà chimico-fisiche dei terreni

Questi materiali sono realizzati con acciaio, polimeri e sostanze chimiche di varia natura:

- Geogriglie: Materiale polimerico sia deformabile che non conformato a forma di griglia realizzato connettendo tra di loro e fissando nelle giunzioni i materiali polimerici stessi.

Tipi: estruse

tessute

a nastri sovrapposti e saldati

Possono essere realizzate con poliestere, polipropilene, polietilene; possono essere dotate di rivestimento protettivo o meno. Sono materiali dotati di resistenze a trazione significative e di basse deformabilità, pertanto vengono usate prevalentemente nel rinforzo dei terreni (Opere di sostegno e pendii rinforzati) e per la ripartizione di carichi su terreni a bassa portanza.

- Geotessuti: sono strutture piane e regolari formate dall'intreccio di due o più serie di fili costituiti da fibre sintetiche, che consentono di ottenere aperture regolari e di piccole dimensioni. In relazione al telaio utilizzato si distinguono in tessuti: a trama e ordito , a maglia a catenella (warp knitted) . Possono essere in poliestere o polipropilene (più raramente poletilene). Vengono usati con funzione di rinforzo, filtrazione e separazione nelle opere idrauliche e stradali e di consolidamento.
- Geotessili non tessuti: materiali costituiti da fibre polimeriche coesionate mediante agugliatura o termosaldatura. Ne esistono con caratteristiche idrauliche e meccaniche anche molto diverse e vengono usati con funzione di filtrazione e separazione nelle opere idrauliche, stradali e di consolidamento.
- Reti metalliche a doppia torsione a maglie esagonali in filo d'acciaio. Vengonorealizzate mediante la tessitura di trafilato d'acciaio. Per aumentarne la durabilità il filo viene galvanizzato con lega di zinco ed alluminio ed eventualmente plasticato. Possono avere diverse resistenze a sconda delle combinazioni diametrofilo/tipo maglia. Sono reti per uso ingengeristico dotate di

elevata resistenza e caratterizzate dalla capacità di confinare localmente le eventuali rotture o strappi. Si utilizzano per molteplici applicazioni: realizzazione di elementi per irnforzo dei terreni, realizzazione di rivestimenti vegetativi (in abbinamento con biostuoie o geostuoie) per il controllo dell'erosione su scarpate ripide, realizzazione di gabbioni e materassi da riempire con pietrame che sono utilizzati nelle difese fluviali e nelle opere di sostegno.

- Geostuoie tridimensionali: Sono costituite da filamenti di materiali sintetici (polietilene ad alta densità, poliammide, polipropilene o altro), aggrovigliati in modo da formare uno strato molto deformabile dello spessore di 10-20 mm, caratterizzato da un indice dei vuoti molto elevato (> 90%). Possono essere saturate con materiali naturali (ghiaia, bitume) e sintetici (gomme) per applicazioni particolari. Le geostuoie possono venire rinforzate mediante reti metalliche a doppia torsione e geogriglie.
- Geocompositi drenanti Sono costituiti dall'associazione (in produzione) di uno strato di georete (o di geostuoia) racchiuso tra uno o due strati di geotessile (o tra una membrana e un geotessile).Lo spessore complessivo del geocomposito può variare tra 5 e 30 mm. Svolgono funzione filtrante e drenante nelle trincee drenanti e nei dreni a tergo di opere di sostegno.
- Geomembrane: svolgono la funzione di barriere idrauliche per impermeabilizzare bacini, argini, canalette ecc. Possono essere polimeriche (HDPE, PVC, PP) o bentonitiche (argilla bentonitica intrappolata tra due geotessili).

A titolo riassuntivo possiamo elencare i materiali utilizzati per l'Ingegneria Naturalistica, nel seguente schema:

Materiali	**Massa areica g/mq**	**Durabilità (anni)**		**Resistenza alla trazione (kN/m)**	
		Minima	**Massima**	**Minima**	**Massima**
Stuoia di Juta (o Rete di juta)	200-500	1	2	1	2
Stuoia di cocco (o Rete cocco)	400-900	5	8	5	10
Biostuoia cocco	300-400	0.5	1	0.3	0.5
Biostuoia paglia	300-400	0.3	0.5	0.3	0.4
Biostuoia in legno	500-800	1	2	1.8	2.2
Geostuoia tridimensionale	500-800	> 5		1.3	1.8
Geostuoia tridimensionale rinforzata	1500-2500	> 5		38	200
Geogriglie	300-2200	20	120	30	1000
Geotessuti	80-1000	10	50	10	500
Reti metalliche a doppia torsione	1200-1750	30	>100	27	65

Semina a spaglio	1

SINONIMI	

Descrizione sintetica

Spargimento manuale di miscele di sementi, di origine certificata, su superfici destinate alla rivegetazione in accordo con le condizioni stazionali sia pedoclimatiche che biologiche.
Laddove ve ne sia la necessità la semina è abbinata allo spargimento di concimanti organici e/o inorganici.

Campi di applicazione

Superfici piane o con pendenze inferiori a 30°.
Rinverdimenti temporanei per evitare erosione da ruscellamento ed eolica e limitare l'essiccamento.

Materiali impiegati

- sementi di specie erbacee in composizioni strettamente legate alla località ed al contesto ambientale (suolo, roccia, microclima, analisi vegetazionale e floristica) e in quantità variabili da 30 a 60 g/m^2
- concimanti organici e/o inorganici

Modalità di esecuzione

1. preparazione del terreno mediante allontanamento del materiale più grossolano
2. spargimento manuale a spaglio della miscela di sementi, che dovranno essere leggermente ricoperte da terreno
3. spargimento manuale o con mezzo meccanico di sostanze concimanti e ammendanti in quantità tale da garantire nutrimento alle sementi nella prima fase di crescita
4. manutenzione mediante sfalcio per evitare che le specie erbacee a rapido accrescimento soffochino le specie arboree e arbustive eventualmente messe a dimora
5. una semina a strisce può essere impiegata nel caso di quantità di sementi insufficienti: in tal caso non si ha nel primo anno una copertura completa, tuttavia la presenza di spazi liberi da vegetazione erbacea può favorire l'accrescimento delle eventuali specie legnose

Semina a spaglio	1

Raccomandazioni

* La scelta delle sementi deve essere effettuata in seguito all'analisi stazionale, comprendente sia l'esame delle condizioni pedoclimatiche sia della composizione floristica e vegetazionale.
* La miscela di sementi deve essere accompagnata da certificazione riguardante: origine specie, composizione della miscela, grado di purezza, grado di germinabilità.

Limiti di applicabilità

- Pendenze eccessive
- Stazioni sottoposte a forte rischio di ruscellamento
- Substrati troppo poveri che richiedono apporto di nutrienti, fibra organica, concimanti, ecc.

Vantaggi

Copertura rapida, di facile realizzazione, basso costo. Non sempre è necessaria copertura con terreno vegetale.
Se la semina viene effettuata con prevalenza di leguminose, si ottiene un arricchimento del terreno in azoto e pertanto una preparazione del terreno.

Svantaggi

Limitato effetto in profondità. La crescita rapida delle specie vegetali può compromettere lo sviluppo di eventuali specie arboree e arbustive, qualora la base delle stesse non sia protetta da dischi pacciamanti. Non esercita una immediata azione di difesa.

Effetto

Effetto antierosivo superficiale attraverso il reticolo radicale approfondito nel terreno (10 - 30 cm)

Periodo di intervento

Quello relativo alle semine, da marzo a ottobre (nel Lazio), con esclusione dei periodi di siccità estiva e di gelo invernale

Possibili errori

- Semina fuori stagione
- Sementi scadute, qualità e numero di specie non corrispondenti alla certificazione
- Quantità in grammi non sufficiente

Voce di Capitolato

1.1 Semina a spaglio
Rivestimento di superfici di scarpata mediante spargimento manuale a spaglio di idonea miscela di sementi e di eventuali concimanti organici e/o inorganici in quantità e qualità opportunamente individuate.
La composizione della miscela e la quantità di sementi per metro quadro sono stabilite in funzione del contesto ambientale ovvero delle caratteristiche litologiche e geomorfologiche, pedologiche, microclimatiche floristiche e vegetazionali della stazione (in genere valgono quantità da 30 a 60 g/m^2). La provenienza delle sementi e la germinabilità dovranno essere certificate.

Semina a spaglio	1

Foto R. Ferrari

Foto 1 - Semina a spaglio
F. Natissa (UD)

Idrosemina	2

SINONIMI	

Descrizione sintetica

Rivestimento di superfici mediante lo spargimento con mezzo meccanico di una miscela di sementi e acqua. Lo spargimento avviene mediante l'impiego di un'idroseminatrice dotata di botte, nella quale vengono miscelati sementi, collanti, concimi, ammendanti e acqua. La miscela così composta viene sparsa sulla superficie mediante pompe con pressione adeguata al fine di non danneggiare le sementi stesse.

Campi di applicazione

Superfici caratterizzate da assenza o comunque scarsità di humus, superfici acclivi, aree di notevole sviluppo superficiale

Materiali impiegati

- sementi con certificazione di origine (30 – 60 gr / m^2)
- acqua
- concimi
- ammendanti
- collanti
- paglia, fieno o cellulosa

Modalità di esecuzione

1. ripulitura della superficie da idroseminare con allontanamento di sassi, radici
2. spargimento della miscela a strati dello spessore da 0,5 a 2 cm

Idrosemina	2

Raccomandazioni

- la percentuale dei componenti da impiegare per la preparazione della miscela varia da caso a caso. E' necessario pertanto effettuare un'analisi stazionale che consenta altresì di valutare la miscela dei materiali e lo spessore che è necessario spruzzare per ottenere un'adeguata copertura
- per evitare la sedimentazione gravitativa delle sementi è necessario mantenere mescolata la miscela nell'autobotte
- è da limitare l'uso di specie erbacee a rapido accrescimento ed effetto immediato, in quanto potrebbero esercitare una forte concorrenza nei confronti di quelle con ciclo vegetativo più lento

Limiti di applicabilità

- non conveniente per piccole superfici, da adottare in ambito idraulico soprattutto in tratti canalizzati con sponde regolari

Vantaggi

Rapido e facile rinverdimento di superfici. Consente il rinverdimento di superfici ripide o scarsamente accessibili, anche con scarso terreno vegetale.

Svantaggi

Azione antierosiva della superficie limitata a una profondità sino a 30 cm . Richiede manutenzione (sfalcio). Il cantiere deve essere accessibile con i mezzi meccanici

Effetto

Effetto antierosivo attraverso il reticolo radicale approfondito nel terreno (10 - 30 cm). Copertura a verde dell'intera superficie ottenibile in tempo breve. La presenza dei collanti garantisce la protezione delle sementi durante la prima fase della germinazione. Viene instaurato nel breve periodo un ambiente idoneo per la microfauna.

Periodo di intervento

Periodo vegetativo, da marzo a ottobre, con esclusione dei periodi di siccità estiva.

Possibili errori

- Semina fuori stagione
- Sementi scadute, qualità e numero di specie non corrispondenti alla certificazione
- Quantità in grammi non sufficiente
- Utilizzo di pompe o ugelli che danneggiano i semi

Idrosemina	2

Voce di Capitolato

1.4 Idrosemina

Rivestimento di superfici mediante spargimento meccanico a mezzo di idroseminatrice a pressione atta a garantire l'irrorazione a distanza e con diametro degli ugelli e tipo di pompa tale da non lesionare i semi e consentire lo spargimento omogeneo dei materiali.

L'idrosemina contiene:

- miscela di sementi idonea alle condizioni locali;
- collante in quantità idonea al fissaggio dei semi e alla creazione di una pellicola antierosiva sulla superficie del terreno, senza inibire la crescita e favorendo il trattenimento dell'acqua nel terreno nelle fasi iniziali di sviluppo;
- fertilizzanti;
- concimanti organici e/o inorganici;
- acqua in quantità idonea alle diluizioni richieste;
- altri ammendanti e inoculi.

La composizione della miscela e la quantità di sementi per metro quadro sono stabilite in funzione del contesto ambientale ovvero delle caratteristiche geolitologiche e geomorfologiche, pedologiche, microclimatiche floristiche e vegetazionali (in genere si prevedono 30-40 g/m^2). La provenienza e la germinabilità delle sementi dovranno essere certificate e la loro miscelazione con le altre componenti dell'idrosemina dovrà avvenire in loco, onde evitare fenomeni di stratificazione gravitativa dei semi all'interno della cisterna.

Foto G. Sauli

Foto 2 - Idrosemina in zona mediterranea

Foto G. Sauli

Foto 3 - Idrosemina a spessore

Foto G. Sauli

Foto 4 - Idrosemina su terra verde armata
Pian di Vedoia - Autostrada V. Veneto (TV)

Foto G. Sauli

Foto 5 - Cotico erboso da idrosemina
Sponda golenale del F. Tagliamento (UD)

Stuoia in juta	3

SINONIMI	rete in juta, geojuta, biostuoia in juta

Descrizione sintetica

Materiale impiegato negli interventi antierosivi di rivestimento di scarpate soggette a erosione eolica e meteorica. La stuoia viene stesa e fissata al substrato mediante picchetti di varia forma. Viene normalmente abbinata a semina e messa a dimora di talee e/o arbusti.

Campi di applicazione

Sponde di corsi d'acqua a bassa pendenza e velocità della corrente, sponde lacustri su substrati denudati o di neoformazione anche irregolari possibilmente con substrato terroso in superficie.

Materiali impiegati

- Stuoie biodegradabili in juta, maglia minima1 x 1 cm, peso non inferiore a 250 g/m^2
- staffe o picchetti in ferro acciaioso piegati a U ø 8 ÷ 12 mm, L = 20 ÷ 40 cm
  o in legno L = 50 ÷ 70 cm o talee di L minima 50 cm
- miscela di sementi (40 g/m^2)
- talee e arbusti autoctoni

Modalità di esecuzione

1. regolarizzazione della sponda o scarpata mediante allontanamento di eventuali apparati radicali e eliminazione di avvallamenti e piccoli dossi (irregolarità superficiali)
2. formazione di un solco di 20 / 30 cm a monte della sponda o della scarpata
3. posizionamento di un'estremità della stuoia all'interno del solco, fissaggio con staffe e copertura del solco con terreno
4. semina
5. stesura della stuoia lungo la scarpata e sovrapposizione dei teli contigui di almeno 10 cm
6. fissaggio della stuoia con staffe a U o picchetti o talee lungo le sovrapposizioni dei vari teli utilizzati e al centro della stessa. La densità dei picchetti aumenta all'aumentare della pendenza della sponda o scarpata: < 30° 1 picchetto per m^2, ≥ 30° 2-3 picchetti per m^2 ed è in funzione della consistenza del substrato
7. ricopertura dei bordi e fissaggio della stuoia al piede della sponda o scarpata
8. messa a dimora di talee e arbusti autoctoni mediante infissione e di arbusti mediante taglio a "L" della stuoia o allargamento delle maglie
9. eventuale semina di rincalzo, concimazione e irrigazione

Stuoia in juta	3

Raccomandazioni

- qualora si intenda abbinare la messa a dimora di arbusti autoctoni, è necessario intervenire sulla stuoia stesa con un taglio a croce o a L che consenta la formazione dello scavo per la messa a dimora della pianta
- le stuoie fino alla messa in opera devono essere conservate in ambiente idoneo, onde evitare l'umidità e l'imbibizione di acqua
- qualora la stuoia venga impiegata lungo sponde di corsi d'acqua, è necessario che la posa in opera avvenga procedendo nel senso contrario alla corrente (in tal modo il telo a monte sormonta il telo a valle), per evitare infiltrazioni d'acqua tra una stuoia e l'altra

Limiti di applicabilità

La stuoia in juta non è idonea all'impiego su scarpate a forte pendenza, substrati aridi e a eccessivo drenaggio, scarpate in roccia, sponde con forti sollecitazioni della corrente.

Vantaggi

Protezione immediata della superficie dall'erosione meteorica ed eolica, facilità di impiego, adattamento a superfici irregolari e completa degradazione della stuoia nel breve periodo . L'acqua si infiltra, ma non ristagna e non erode.

Svantaggi

Scarsa durata (1 o 2 anni), scarsa resistenza a sollecitazioni (idrauliche, caduta massi, debris flow).

Effetto

Protezione immediata della superficie. Le maglie della stuoia consentono alle piante di crescere, assicurando in tal modo la protezione della superficie anche una volta che la stuoia ha subito completa degradazione.
Il materiale terroso sottostante la stuoia viene trattenuto, impedendone così il trasporto verso valle.

Periodo di intervento

Le stuoie possono in teoria essere posizionate in qualsiasi periodo dell'anno. Siccome sono abbinate alle semine e piantagioni i periodi di riferimento sono quelli primaverili-autunnali. Sono da evitarsi i periodi di gelo invernale e di aridità estiva.

Possibili errori

- insufficiente picchettatura della stuoia al terreno
- errata sovrapposizione in funzione della corrente
- utilizzo di materiale deteriorato da lunga permanenza in ambiente umido

Stuoia in juta	3

Voce di Capitolato

1.8 Stuoia in juta

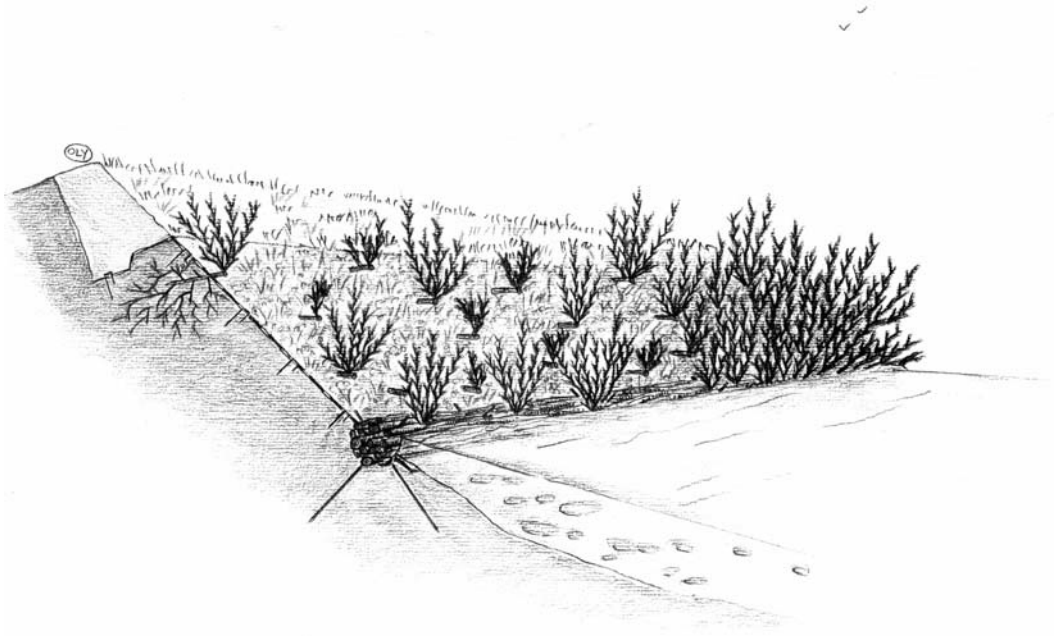
Rivestimento di scarpate mediante stesura di un biotessile biodegradabile in juta, a maglia aperta di minimo 1x1 cm, peso non inferiore a 250 g/m^2 e fissaggio della stessa mediante interro in testa e al piede e picchettature con staffe o picchetti in ferro acciaioso piegati a U ø 8 ÷ 12 mm, L = 20 ÷ 40 cm o in legno L = 50 ÷ 70 cm o talee di L minima 50 cm in quantità e qualità tali da garantire la stabilità e l'aderenza della stuoia sino ad accrescimento avvenuto del cotico erboso.

La posa del rivestimento dovrà avvenire su scarpate stabili precedentemente regolarizzate e liberate da radici.

Nella stesura per fasce parallele dovrà essere garantita la continuità mediante sormonti laterali di almeno 10 cm.

Tali rivestimenti devono essere sempre abbinati ad una semina, con le modalità di cui ai punti precedenti, e possono essere seguiti da messa a dimora di specie arbustive autoctone, corredate da certificazione di origine, previa opportuna esecuzione di tagli a croce nel rivestimento.

Vista prospettica



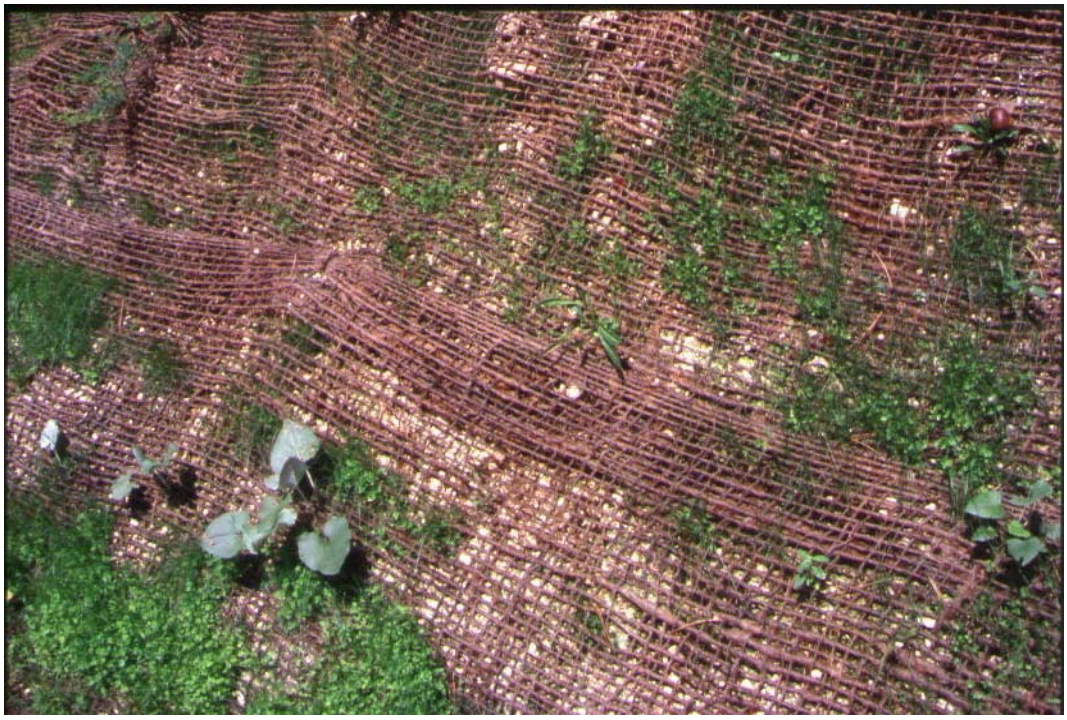


Foto G. Sauli

Foto 6 - Rivestimento antierosivo in stuoia di juta
T. Ponte di Muro (UD)

Biostuoia in fibra vegetale (cocco, paglia, mista cocco e paglia)	4

SINONIMI

Descrizione sintetica

Materiale impiegato negli interventi antierosivi di rivestimento di scarpate soggette a erosione eolica e meteorica. La stuoia viene stesa e fissata al substrato mediante picchetti di varia forma. Viene normalmente abbinata a semina e messa a dimora di talee e/o arbusti

Campi di applicazione

Sponde di corsi d'acqua a bassa pendenza e velocità della corrente, su substrati denudati o di neoformazione

Materiali impiegati

- biostuoia biodegradabile in paglia, cocco o fibra mista paglia e cocco con grammatura minima 300 g/m^2 abbinata a una rete fotoossidabile biodegradabile, con maglia minima 1x1 cm (meglio 2x2 cm); oppure carta cucita con filo sintetico biodegradabile o con fibra vegetale, eventualmente preseminata
- staffe o picchetti in ferro acciaioso piegati a U ø 8 ÷ 12 mm, L = 15 ÷ 50 cm o in legno L = 50 ÷ 70 cm o talee di L minima 50 cm
- talee e arbusti autoctoni
- miscela di sementi (40 g/m^2) (anche se la stuoia è preseminata) da seminare preferibilmente mediante idrosemina

Modalità di esecuzione

1. regolarizzazione della sponda o scarpata mediante allontanamento di eventuali apparati radicali e eliminazione di avvallamenti e piccoli dossi (irregolarità superficiali)
2. formazione di un solco di 20 / 30 cm a monte della sponda o della scarpata
3. posizionamento di un'estremità della stuoia all'interno del solco, fissaggio con staffe e copertura del solco con terreno
4. semina
5. stesura della stuoia lungo la scarpata e sovrapposizione dei teli contigui di almeno 10 cm
6. fissaggio della stuoia con staffe a U o picchetti o talee lungo le sovrapposizioni dei vari teli utilizzati e al centro della stessa. La densità dei picchetti aumenta all'aumentare della pendenza della sponda o scarpata: < 30° 1 picchetto per m^2, ≥ 30° 2-3 picchetti per m^2 ed è in funzione della consistenza del substrato
7. ricopertura dei bordi e fissaggio della stuoia al piede della sponda o scarpata
8. messa a dimora di talee e arbusti autoctoni mediante infissione e di arbusti mediante taglio a "L" della stuoia o allargamento delle maglie
9. eventuale semina di rincalzo, concimazione e irrigazione

Biostuoia in fibra vegetale (cocco, paglia, mista cocco e paglia)	4

Raccomandazioni

- qualora si intenda abbinare la messa a dimora di arbusti autoctoni, è necessario intervenire sulla stuoia stesa con un taglio a croce o a L che consenta la formazione dello scavo per la messa a dimora della pianta
- le stuoie fino alla messa in opera devono essere conservate in ambiente idoneo, onde evitare l'umidità e l'imbibizione di acqua
- qualora la stuoia venga impiegata lungo sponde di corsi d'acqua, è necessario che la posa in opera avvenga procedendo nel senso contrario alla corrente (in tal modo il telo a monte sormonta il telo a valle), per evitare infiltrazioni d'acqua tra una stuoia e l'altra

Limiti di applicabilità

Sponde o scarpate a forte pendenza, substrati aridi e a eccessivo drenaggio, sponde e scarpate in roccia, sponde con forti sollecitazioni della corrente, superfici di intervento molto irregolari

Vantaggi

Tecnica di esecuzione rapida e semplice. Consente il rinverdimento di superfici acclivi, con terreni a scarsa dotazione fisico-organica, sulle quali non è possibile intervenire con piantagione o altro. Protegge la scarpata dall'erosione meteorica ed eolica, migliora l'equilibrio idrico e termico al suolo, apporta sostanza organica al suolo. La durata è maggiore della stuoia in juta. La fibra di cocco in particolare dura sino a 5 – 6 anni.

Svantaggi

La stuoia, specie se di sola fibra di cocco, è molto drenante e non si presta in situazioni climatiche di forte aridità.

Effetto

Protezione immediata della superficie. Le fibre della stuoia consentono alle piante erbacee di crescere, assicurando in tal modo la protezione della superficie ed apportando fibra e sostanza organica man mano che la stuoia si degrada.
Il materiale terroso sottostante la stuoia viene trattenuto, impedendone così il trasporto verso valle.

Periodo di intervento

Relativo a quello delle semine, primavera - autunno con esclusione dei periodi di siccità estiva e gelo invernale. In caso di applicazione fuori stagione la semina va comunque effettuata e ripetuta nel periodo più idoneo successivo.
L'eventuale messa a dimora di arbusti deve avvenire nel periodo di riposo vegetativo delle piante, specie qualora siano a radice nuda (tale modalità di trapianto è poco diffusa nell'Italia centro-meridionale per limitazioni climatiche)

Possibili errori

- insufficiente picchettatura della stuoia al terreno
- errata sovrapposizione in funzione della corrente
- utilizzo di materiale deteriorato da lunga permanenza in ambiente umido

Biostuoia in fibra vegetale (cocco, paglia, mista cocco e paglia)	4

Voce di Capitolato

1.10 Biostuoia in fibra vegetale (cocco, paglia, mista cocco e paglia)

Rivestimento di scarpate mediante stesura di una biostuoia bidegradabile in fibra di paglia, cocco o mista paglia e cocco di grammatura minima 300 g/m^2, montato su supporto in rete fotossidabile e biodegradabile di maglia minima 1x1 cm (meglio 2x2 cm) o su carta cucita con filo sintetico biodegradabile o in fibra vegetale, eventualmente preseminata con minimo 40 g/m^2 di miscela di sementi, e fissaggio dello stesso mediante interro in testa ed al piede e picchettature con staffe o picchetti in ferro acciaioso ø 8 ÷ 12 mm piegati a U o legno, in quantità e di qualità tali da garantire la stabilità e l'aderenza della biostuoia sino ad accrescimento avvenuto del cotico erboso.

La posa del rivestimento dovrà avvenire su scarpate stabili precedentemente regolarizzate e liberate dalle radici.

Nei casi di stesura per fasce parallele dovrà essere garantita la continuità mediante sormonti laterali di almeno 10 cm.

Tali rivestimenti, se non preseminati, devono essere abbinati ad una semina, con le modalità di cui agli articoli precedenti, e possono essere seguiti dalla messa a dimora di specie arbustive autoctone corredate da certificazione di origine, previa opportuna esecuzione di tagli a croce nel rivestimento.

Nel caso di biostuoia preseminata dovrà essere certificata la miscela utilizzata e la provenienza e la germinabilità delle sementi.

Sezione Tipo

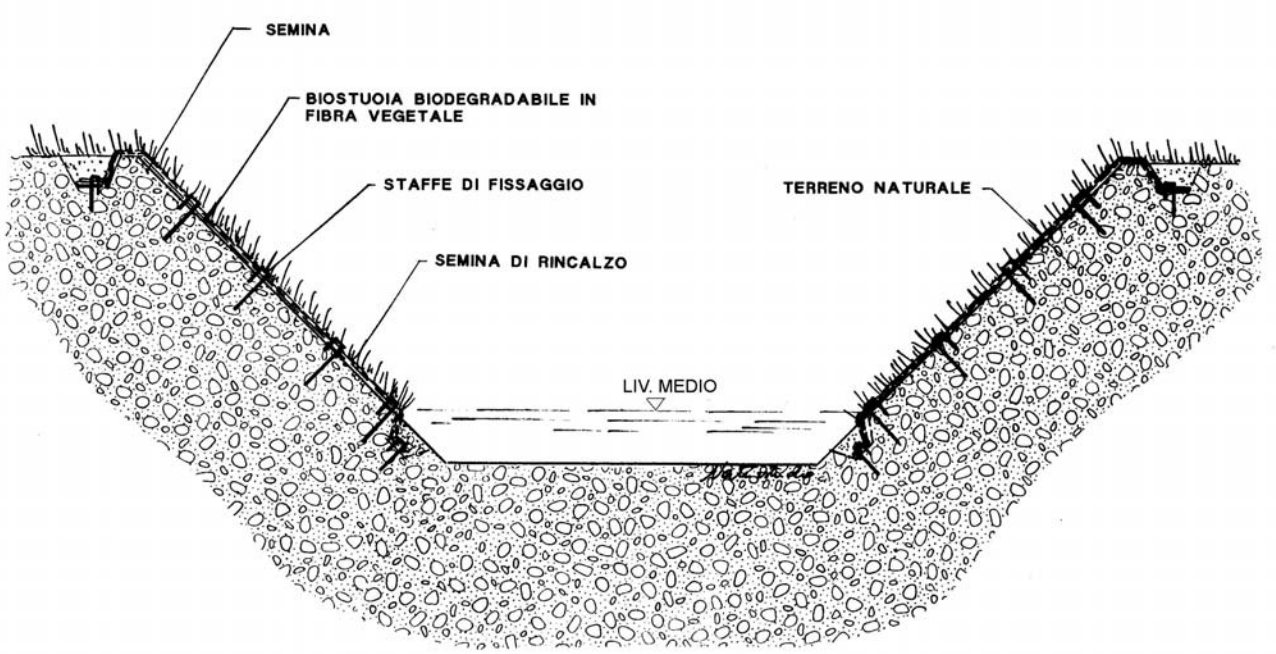


Foto R. Telò

Foto 7 - Protezione spondale in biostuoia di cocco e copertura diffusa
Salsomaggiore Terme (PR)

Foto R. Telò

Foto 8 - Protezione spondale in biostuoia di cocco e talee di salice
Salsomaggiore Terme (PR)

Stuoia in cocco	5

SINONIMI	rete in cocco, biostuoia in cocco, biotessile in cocco

Descrizione sintetica

Tessuto in filo di cocco di notevole resistenza. Il materiale viene impiegato sia negli interventi antierosivi di rivestimento di sponde e scarpate soggette a erosione che per la realizzazione di rulli spondali. La stuoia viene stesa e fissata al substrato mediante picchetti di varia forma. Viene normalmente abbinata a semina e messa a dimora di talee e/o arbusti.

Campi di applicazione

Sponde o scarpate a pendenza sino a 40° ÷ 45° in rocce sciolte (ghiaie, argille). Sin dall'installazione e per i primi mesi dell'applicazione presenta notevole resistenza.

Materiali impiegati

- Biostuoia in filo di cocco intrecciato
- staffe o picchetti in ferro acciaioso ø 8 ÷ 12 mm piegati a U, L = 20 ÷ 40 cm o in legno
- talee
- miscela di sementi (40 g/m^2)

Modalità di esecuzione

1. regolarizzazione della sponda o scarpata mediante allontanamento di eventuali apparati radicali e eliminazione di avvallamenti e piccoli dossi (irregolarità superficiali)
2. formazione di un solco di 20 / 30 cm a monte della sponda o della scarpata
3. posizionamento di un'estremità della stuoia all'interno del solco, fissaggio con staffe e copertura del solco con terreno
4. semina
5. stesura della stuoia lungo la sponda o scarpata e sovrapposizione dei teli contigui di almeno 10 cm
6. fissaggio della stuoia con staffe a U o picchetti o talee lungo le sovrapposizioni dei vari teli utilizzati e al centro della stessa. La densità dei picchetti aumenta all'aumentare della pendenza della sponda o scarpata: < 30° 1 picchetto per m^2, ≥ 30° 2-3 picchetti per m^2 ed è in funzione della consistenza del substrato
7. ricopertura dei bordi e fissaggio della stuoia al piede della sponda o scarpata
8. messa a dimora di talee mediante infissione
9. eventuale semina di rincalzo, concimazione e irrigazione

Stuoia in cocco	5

Raccomandazioni

- la stuoia di cocco è più facilmente abbinabile a talee che non alla messa a dimora di arbusti per la relativa difficoltà dell'operazione
- le stuoie fino alla messa in opera devono essere conservate in ambiente idoneo, onde evitare l'umidità e l'imbibizione di acqua
- qualora la stuoia venga impiegata lungo sponde di corsi d'acqua, è necessario che la posa in opera avvenga procedendo nel senso contrario alla corrente (in tal modo il telo a monte sormonta il telo a valle), per evitare infiltrazioni d'acqua tra una stuoia e l'altra

Limiti di applicabilità

Sponde e scarpate a substrato litoide e con pendenza superiore ai 45°

Vantaggi

Protezione immediata della superficie, robustezza del materiale che ne facilita l' impiego, notevole durata nel tempo (5-6 anni) ma completa degradazione finale della stuoia.

Svantaggi

Maggiore rigidità rispetto alle altre biostuoie e quindi necessità di superfici più regolarizzate

Effetto

Protezione immediata della superficie e media durata del materiale. Le maglie della stuoia consentono alle piante erbacee di svilupparsi pur garantendo la funzione meccanica antierosiva data la media durata del materiale.
Il materiale terroso sottostante la stuoia viene trattenuto, impedendone così il trascinamento verso valle.

Periodo di intervento

Le stuoie possono essere posizionate in qualsiasi periodo dell'anno. Qualora vi siano abbinate semine e piantagioni i periodi di riferimento sono quelli primaverili-autunnali. Sono da evitarsi i periodi di gelo invernale e aridità estiva.

Possibili errori

- insufficiente picchettatura della stuoia al terreno (tipo di picchetto, lunghezza, quantità al m^2)
- errata sovrapposizione in funzione della corrente
- utilizzo di materiale deteriorato da lunga permanenza in ambiente umido

Stuoia in cocco	5

Voce di Capitolato

1.14 Stuoia in cocco

Rivestimento di scarpate mediante stesura di stuoia biodegradabile in fibra di cocco di grammatura minima 250 g/m^2; fissaggio dello stesso mediante interro in testa e al piede al piede e picchettature con staffe o picchetti in ferro acciaioso piegati a U ø 8 ÷ 12 mm, L = 20 ÷ 40 cm o in legno L = 50 ÷ 70 cm o talee di L minima 50 cm in quantità e qualità tali da garantire la stabilità e l'aderenza della stuoia sino ad accrescimento avvenuto del cotico erboso.

Nei casi di stesura per fasce parallele dovrà essere garantita la continuità mediante sormonti laterali di almeno 10 cm.

Tali rivestimenti devono essere abbinati ad una semina, con le modalità di cui ai punti precedenti, e possono essere seguiti dalla messa a dimora di specie arbustive per talea

Sezione Tipo

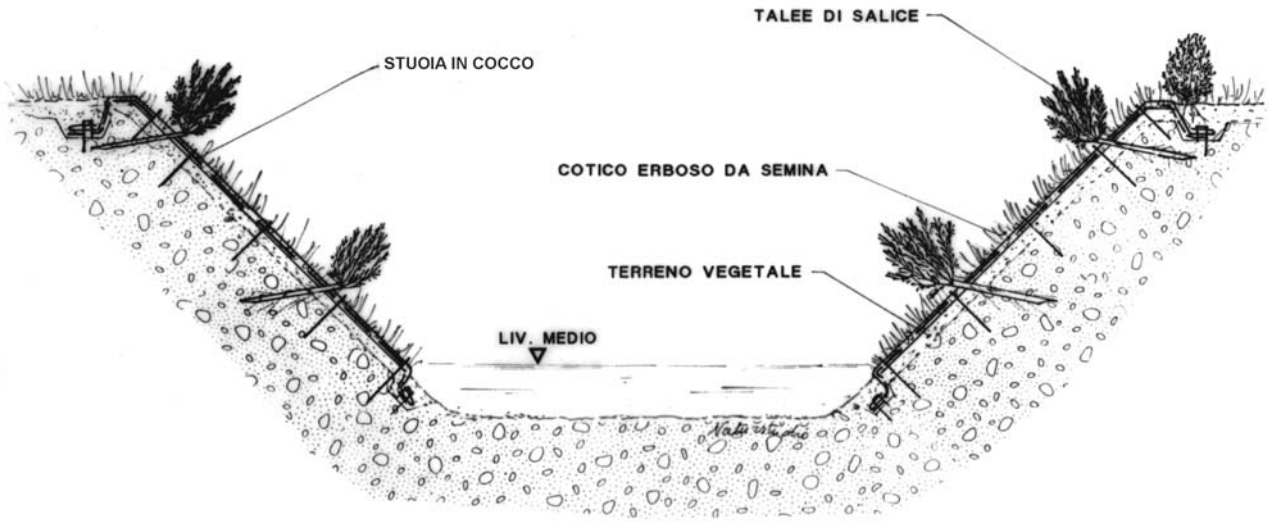


Foto SEIC

Foto 9 - Biotessile o stuoia in cocco

Biorete in cocco	6

SINONIMI	Georete biodegradabile

Descrizione sintetica

Materiale impiegato negli interventi di rivestimento di scarpate soggette a erosione eolica e meteorica. La biorete si differenzia dalla stuoia per essere annodata agli incroci e per la maglia larga (da 2x2 a 5x5 cm), viene stesa e fissata al substrato mediante picchetti di varia forma, di solito previa spargimento di fibra organica (paglia, fieno). Viene abbinata a semina, messa a dimora di talee e/o arbusti. Il materiale è attualmente poco diffuso in Italia e viene utilizzato come rete di contenimento dei rulli in fibra di cocco (vedi).

Campi di applicazione

Superfici soggette a erosione superficiale e prive di copertura vegetale

Materiali impiegati

- Biorete in cocco con maglia da 2x2 a 5x5 cm
- Fibra organica (paglia, fieno)
- staffe o picchetti in ferro acciaioso ø 12 mm piegati a U, L = 20 ÷ 40 cm o in legno
- talee
- miscela di sementi (40 g/m^2)

Modalità di esecuzione

1. regolarizzazione della sponda o scarpata mediante allontanamento di eventuali apparati radicali e eliminazione di avvallamenti e piccoli dossi (irregolarità superficiali)
2. formazione di un solco di 20 / 30 cm a monte della sponda o della scarpata
3. posizionamento di un'estremità della biorete all'interno del solco, fissaggio con staffe e copertura del solco con terreno
4. semina
5. spargimento di uno strato di paglia o fieno
6. stesura della biorete lungo la sponda o scarpata e sovrapposizione dei teli contigui di almeno 10 cm
7. fissaggio della stuoia con staffe a U lungo le sovrapposizioni dei vari teli utilizzati e al centro della stessa. La densità dei picchetti aumenta all'aumentare della pendenza della sponda o scarpata: < 30° 1 picchetto per m^2, ≥ 30° 2-3 picchetti per m^2 ed è in funzione della consistenza del substrato
8. ricopertura dei bordi e fissaggio della stuoia al piede della sponda o scarpata
9. messa a dimora di talee mediante infissione
10. eventuale semina di rincalzo, concimazione e irrigazione

Biorete in cocco	6

Raccomandazioni

- le bioreti fino alla messa in opera devono essere conservate in ambiente idoneo, onde evitare l'umidità e l'imbibizione di acqua

Limiti di applicabilità

Forti pendenze, necessità di durata della rete

Vantaggi

Protezione immediata della superficie; facilità di impiego; aderenza totale al substrato anche in presenza di buche, avvallamenti, sporgenze; possibile abbinamento con materiale derivante da sfalcio locale; massima permeabilità alla radicazione delle piante erbacee; completa degradazione finale della biorete.

Svantaggi

Scarsa funzione antierosiva a causa della maglia molto larga, se non impiegata in abbinamento con altra fibra organica

Effetto

Protezione immediata della superficie. Le maglie della biorete consentono alle piante di crescere, assicurando in tal modo la protezione della superficie anche una volta che la biorete ha subito completa degradazione.
Il materiale sottostante la biorete viene trattenuto, impedendone così il rotolamento verso valle, specie se viene abbinata a stesura di fibra organica

Periodo di intervento

Le bioreti possono in teoria
essere posizionate in qualsiasi periodo dell'anno. Qualora vi siano abbinate semine e piantagioni i periodi di riferimento sono quelli primaverili-autunnali. Sono da evitarsi i periodi di gelo invernale e aridità estiva.

Possibili errori

- insufficiente picchettatura della biorete al terreno
- utilizzo di materiale deteriorato da lunga permanenza in ambiente umido
- mancato o insufficiente abbinamento con fibra organica
- semine e piantagioni fuori stagione (l'irrigazione non riesce in genere a tamponare le forti aridità estive)

Biorete in cocco	6

Voce di Capitolato

1.15 Biorete di cocco

Rivestimento di scarpate mediante stesura di una biorete in fibra di cocco di grammatura minima 200 g/m^2 e maglia minima sa 2x2 a 5x5 cm; fissaggio della stessa mediante interro in testa e al piede e picchettature con staffe o picchetti a U in metallo in ferro acciaioso piegati a U ø 8 ÷ 12 mm, L = 20 ÷ 40 cm o in legno L = 50 ÷ 70 cm o talee di L minima 50 cm in quantità e qualità tali da garantire la stabilità e l'aderenza della stuoia sino ad accrescimento avvenuto del cotico erboso.La rete va abbinata a fibra vegetale (paglia, fieno) da stendere dopo le semine e prima della posa della rete stessa.

Nei casi di stesura per fasce parallele dovrà essere garantita la continuità mediante sormonti laterali di almeno 10 cm.

Tali rivestimenti devono essere abbinati ad una semina, con le modalità di cui ai punti precedenti, e possono essere seguiti dalla messa a dimora di specie arbustive autoctone per talea o radicate, corredate da certificazione di origine, previa opportuna esecuzione di tagli a croce.

Foto C. Loss

Foto 10 - Particolare biorete in cocco

Geostuoia tridimensionale sintetica	7

SINONIMI	**Georete tridimensionale (invalso uso in realtà errato trattandosi a tutti gli effetti di una stuoia e non di una rete)**

Descrizione sintetica

Rivestimento spondale in stuoia tridimensionale costituita da filamenti sintetici aggrovigliati in modo da trattenere le particelle di materiale inerte terroso. Tale stuoia viene impiegata per il rivestimento di sponde e versanti soggetti a erosione superficiale. La stuoia viene assicurata al terreno mediante l'infissione di picchetti e interrata in solchi appositamente approntati sia a monte che a valle del versante. La stuoia deve essere abbinata ad un intasamento con materiale inerte terroso e ad una semina o idrosemina. Possono essere messe a dimora anche talee ed arbusti autoctoni.

Campi di applicazione

Rivestimento di sponde molto regolari in tratti in genere canalizzati.

Materiali impiegati

- geostuoia sintetica tridimensionale in nylon, polipropilene, polietilene e polietilene ad alta densità di spessore min. 10 mm, annerita al nero fumo per attenuare l'aggressione da parte dei raggi UV
- picchetti in ferro o staffe metalliche ø min. 8 mm
- inerte terroso
- sementi (40 g/m^2)
- arbusti o talee

Modalità di esecuzione

1. regolarizzazione della sponda o scarpata mediante allontanamento di eventuali apparati radicali e eliminazione di avvallamenti e piccoli dossi (irregolarità superficiali)
2. formazione di un solco di almeno 30 cm di profondità a monte della sponda
3. posizionamento di un'estremità della geostuoia all'interno del solco, fissaggio con staffe e copertura del solco con terreno
4. semina
5. stesura della geostuoia lungo la sponda o scarpata e sovrapposizione dei teli contigui di almeno 10 cm, assicurandosi che la stessa sia a contatto con il terreno sottostante, senza essere troppo tesa
6. fissaggio della stuoia con staffe o picchetti a U lungo le sovrapposizioni dei vari teli utilizzati e al centro della stessa. La densità dei picchetti aumenta all'aumentare della pendenza della sponda o scarpata: < 30° 1 picchetto per m^2, ≥ 30° 2-3 picchetti per m^2 ed è in funzione della consistenza del substrato
7. ricopertura dei bordi e fissaggio della stuoia al piede della sponda o scarpata
8. intasamento con inerte terroso
9. messa a dimora di talee mediante infissione e di arbusti mediante taglio della stuoia
10. eventuale semina di rincalzo, concimazione e irrigazione

Geostuoia tridimensionale sintetica	7

Raccomandazioni

- qualora la stuoia venga impiegata lungo sponde di corsi d'acqua, è necessario che la posa in opera avvenga procedendo nel senso contrario alla corrente (in tal modo il telo a monte sormonta il telo a valle), per evitare infiltrazioni d'acqua tra una stuoia e l'altra
- geostuoie adiacenti devono essere sormontate lateralmente per almeno 10 cm
- va curata l'operazione di intasamento della stuoia con inerte terroso a granulometria fine, da stendere sulla stuoia con spazzoloni, in modo da intasare la stuoia stessa, senza seppellirla

Limiti di applicabilità

Sponde e scarpate a substrato irregolare e con pendenza superiore ai 45°

Vantaggi

Di rapida esecuzione; immediato e duraturo effetto antierosivo superficiale

Svantaggi

Maggiore rigidità rispetto ad altre stuoie e quindi necessità di superfici più regolarizzate; permanenza del materiale sintetico sul terreno; visibilità antiestetica della stuoia in caso di mancato sviluppo del cotico erboso; aggredibilità da parte dei raggi UV e dall'effetto gelo-disgelo, in particolare per le plastiche più scadenti e quindi scarsa durata nel tempo

Effetto

Protezione immediata e permanente della superficie. Il rapporto pieno-vuoto della stuoia consente alle piante erbacee di svilupparsi completando la funzione meccanica antierosiva della stuoia
Il materiale terroso sottostante la stuoia viene trattenuto, impedendone così il trascinamento verso valle. Particolarmente efficace l'azione di resistenza alle sottopressioni che si creano durante il riflusso delle piene, impedendo fenomeni erosivi e franamenti delle sponde.

Periodo di intervento

Le stuoie possono essere posizionate in qualsiasi periodo dell'anno. Qualora vi siano abbinate semine e piantagioni i periodi di riferimento sono quelli primaverili-autunnali. Sono da evitarsi i periodi di gelo invernale e aridità estiva.

Possibili errori

- mancato intasamento con inerte terroso
- insufficiente picchettatura
- errata sovrapposizione in funzione della corrente
- inefficienti sormonti e fissaggi in testa o al piede,

Geostuoia tridimensionale sintetica	7

Voce di Capitolato

1.17 Geostuoia tridimensionale sintetica

a) nylon
b) polipropilene
c) polietilene
d) polietilene ad alta densità

Rivestimento di scarpate mediante stesura di geostuoia tridimensionale in materiale sintetico annerito al nero fumo (nylon, polipropilene, polietilene e polietilene ad alta densità a seconda del prodotto) di spessore minimo 8 mm e grado di vuoto non inferiore al 90%; fissaggio della stessa mediante interro alle estremità in apposito solco per almeno 30 cm e fissaggio dello stesso mediante interro in testa e al piede al piede e picchettature con staffe o picchetti in ferro acciaioso piegati a U ø 8 ÷ 12 mm, L = 20 ÷ 40 cm o in legno L = 50 ÷ 70 cm o talee di L minima 50 cm in quantità e qualità tali da garantire la stabilità e l'aderenza della stuoia sino ad accrescimento avvenuto del cotico erboso.

Nei casi di stesura per fasce parallele dovrà essere garantita la continuità mediante sormonti laterali di almeno 10 cm.

Tali rivestimenti devono essere sempre abbinati ad un intasamento con uno strato di terreno vegetale e ad una semina, con le modalità di cui ai punti precedenti, e vengono seguiti dalla messa a dimora di talee o di arbusti radicati di specie autoctone corredate da certificazione di origine, previa opportuna esecuzione di tagli nel rivestimento.

Sezione Tipo

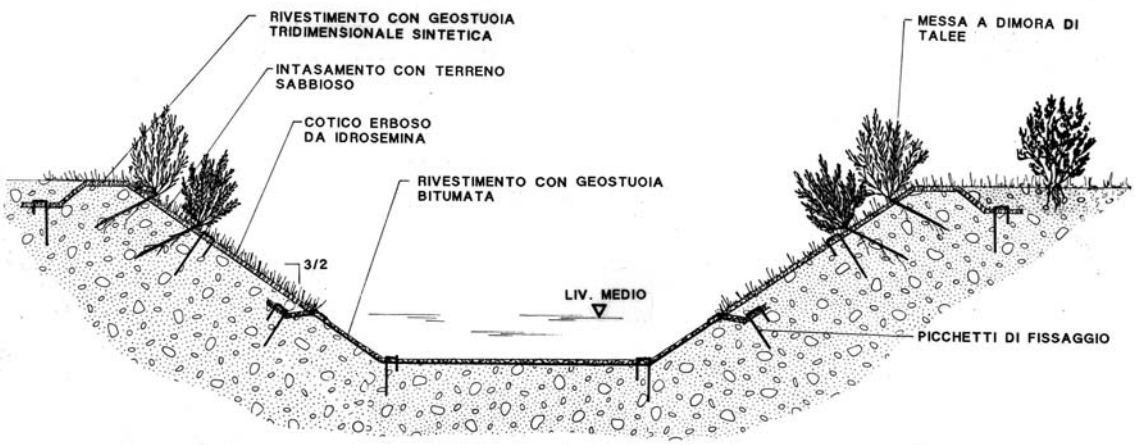


Foto I. Balsamo

Foto 11 - Rivestimento in geostuoia tridimensionale sintetica
T. Farinella (PA)

Geostuoia tridimensionale sintetica bitumata in opera a freddo	8

SINONIMI	Georete bitumata (invalso uso in realtà errato trattandosi a tutti gli effetti di una stuoia e non di una rete)

Descrizione sintetica

Rivestimento spondale in stuoia tridimensionale costituita da filamenti sintetici aggrovigliati in modo da trattenere le particelle di materiale inerte terroso. In questa variante la stuoia (di spessore minimo 18 mm) viene intasata con ghiaino e bitumata a freddo in posto ed è impiegata per il rivestimento di sponde e la formazione di canalette frequentemente a contatto con l'acqua corrente. La stuoia viene assicurata al terreno mediante l'infissione di picchetti e interrata in solchi appositamente approntati sia a monte che a valle del versante. La stuoia deve essere anche abbinata ad una semina da effettuarsi sia prima della posa della stuoia che sopra il ghiaino, prima della bitumatura. Normalmente non vengono messe a dimora talee ed arbusti, almeno sulle superfici dove si prevede il libero scorrimento dell'acqua.

Campi di applicazione

Rivestimento di sponde molto regolari in tratti in genere canalizzati a bassa pendenza e granulometria fine e soggetti a frequenti sommersioni; Canalette e fossi di sgrondo in genere.

Materiali impiegati

- Geostuoia tridimensionale in materiale sintetico: nylon, polipropilene, polietilene, polietilene ad alta densità, annerita al nero fumo per attenuare l'aggressione da parte dei raggi UV, di spessore minimo 18 mm, resistenza alla trazione non inferiore a 2.0 kN/m, grado di vuoto non inferiore al 90%
- Staffe metalliche ø min. 8 mm
- Ghiaino per intasamento
- Emulsione idrobituminosa a freddo
- Miscela di sementi (40 g/m^2)

Modalità di esecuzione

1. regolarizzazione della sponda o scarpata mediante allontanamento di eventuali apparati radicali e eliminazione di avvallamenti e piccoli dossi (irregolarità superficiali)
2. formazione di un solco di almeno 30 cm di profondità a monte della sponda
3. posizionamento di un'estremità della geostuoia all'interno del solco, fissaggio con staffe e copertura del solco con terreno
4. semina
5. stesura della geostuoia lungo la sponda o scarpata e sovrapposizione dei teli contigui di almeno 10 cm, assicurandosi che la stessa sia a contatto con il terreno sottostante, senza essere troppo tesa
6. fissaggio della stuoia con staffe o picchetti a U lungo le sovrapposizioni dei vari teli utilizzati e al centro della stessa. La densità dei picchetti aumenta all'aumentare della pendenza della sponda o scarpata: $< 30°$ 1 picchetto per m^2, $\geq 30°$ 2-3 picchetti per m^2 ed è in funzione della consistenza del substrato
7. ricopertura dei bordi e fissaggio della stuoia al piede della sponda o scarpata
8. intasamento con ghiaino
9. semina di rincalzo
10. bitumatura a freddo con emulsione idrobituminosa
11. eventuale messa a dimora di talee mediante infissione e di arbusti mediante taglio della stuoia

Geostuoia tridimensionale sintetica bitumata in opera a freddo	8

Raccomandazioni

- I sormonti laterali dovranno essere di almeno 10 cm
- lungo sponde di corsi d'acqua e canali, è necessario che la posa in opera della stuoia avvenga procedendo nel senso contrario alla corrente (in tal modo i sormonti sono automaticamente posizionati ad evitare infiltrazioni d'acqua tra una stuoia e l'altra)
- per la realizzazione di canalette e fossi di sgrondo i solchi per l'interramento e fissaggio della stuoia sono laterali e paralleli alla direzione della canaletta stessa

Limiti di applicabilità

Eccessiva pendenza e velocità di scorrimento dell'acqua; periodi di sommersione troppo prolungati e tali da impedire la crescita e il perdurare del cotico erboso

Vantaggi

Copertura immediata della superficie e mantenimento della sagoma nelle canalette. Consente la realizzazione di cabalette di scorrimento, ma anche di fossi di infiltrazione. La tecnica può essere in molti casi sostitutiva di analoghi rivestimenti in cls.

Svantaggi

Costi elevati di installazione; necessità di manutenzione periodica (sfalcio con decespugliatore a filo, pulizia in genere del sedimentato.

Effetto

Effetto funzionale antierosivo immediato e duraturo senza impatto visivo in quanto struttura verde.

Periodo di intervento

Stesura della geostuoia e bitumatura possono essere in teoria eseguite in qualsiasi periodo dell'anno. L'abbinamento obbligato con le semine vincola l'esecuzione al periodo autunno – primavera, con esclusione dei periodi di aridità estiva e di gelo invernale; l'eventuale messa a dimora di specie arbustive dovrà avvenire durante il periodo di riposo vegetativo con esclusione dei periodi di gelo invernale.

Possibili errori

- Insufficiente fissaggio con staffe della georete al substrato, evidente nei casi di eventi meteorici eccezionali
- Insufficiente o assente risvolto e fissaggio della georete nei solchi
- Errata bitumatura, in genere eccesso che impedisce alle specie erbacee di svilupparsi
- Periodo stagionale non adatto alle semine

Geostuoia tridimensionale sintetica bitumata in opera a freddo	8

Voce di Capitolato

1.18 Geostuoia tridimensionale sintetica bitumata in opera a freddo

a) Nylon
b) Polipropilene
c) Polietilene
d) Polietilene ad alta densità

Rivestimento di superfici frequentemente a contatto con l'acqua (canalette, fossi di guardia, sponde di canali e corsi d'acqua, ecc.) mediante stesura di geostuoia tridimensionale in materiale sintetico (nylon, polipropilene, polietilene, polietilene ad alta densità a seconda del prodotto) di almeno 18 mm di spessore, resistenza a trazione non inferiore a 2.0 kN/m e grado di vuoto non inferiore al 90%; fissaggio della stessa mediante interro alle estremità in apposito solco per almeno 30 cm e picchettature con staffe metalliche di diametro minimo 8 mm, in quantità tali da garantire la stabilità e l'aderenza della geostuoia sino ad accrescimento avvenuto del cotico erboso.

Dovrà essere accurato il fissaggio di eventuali fasce parallele di geostuoia tenendo conto in particolare della direzione del flusso.

Tale rivestimento sarà intasato con uno spessore di ghiaino e bitumato a freddo in almeno due passate ghiaia/bitume alternate con peso complessivo non inferiore a 15 kg/m^2 e dovrà sempre essere abbinato ad una semina in doppia passata, che preceda e segua l'intasamento, con le modalità di cui ai punti precedenti.

Può essere eseguita, a posteriori, la messa a dimora di talee o di arbusti di specie autoctone corredate da certificazione di origine del materiale di propagazione.

Sezione Tipo

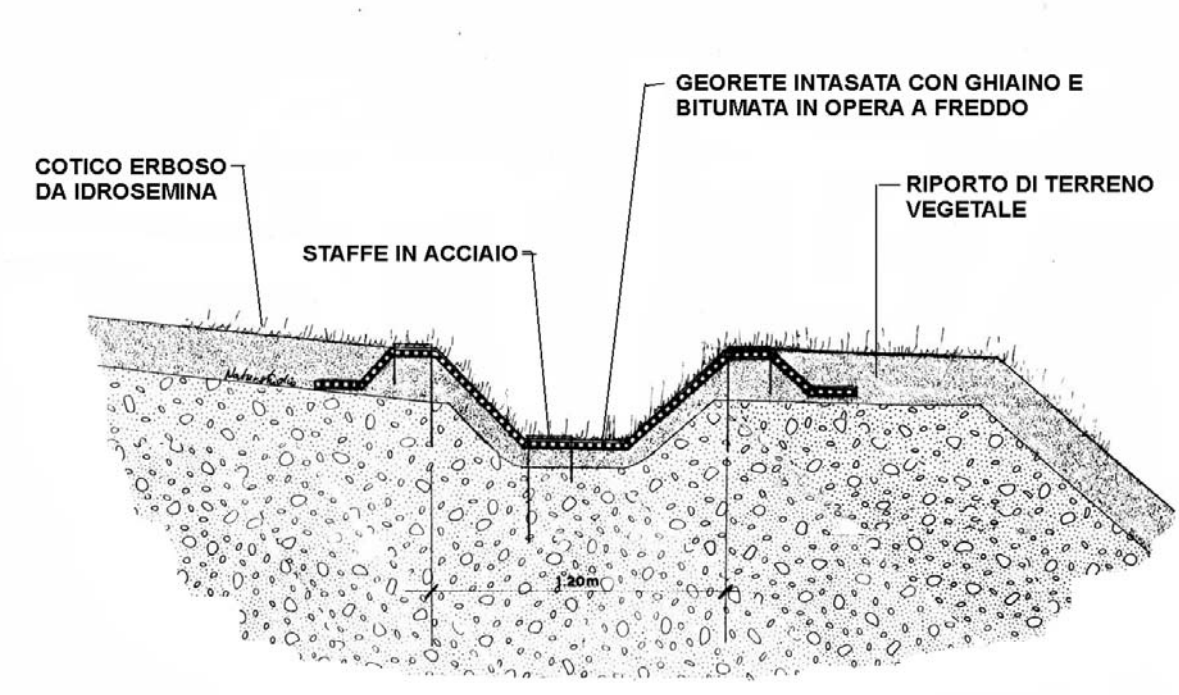


Foto G. Sauli

Foto 12 - Formazione fosso di guardia in geostuoia tridimensionale sintetica bitumata in opera a freddo.
Autostrada dei Trafori - Loc. Invorio (NO)

Foto G. Sauli

Foto 13 - Fosso di guardia in geostuoia tridimensionale sintetica bitumata in opera a freddo, bitumatura avvenuta
Autostrada dei Trafori - Loc. Invorio (NO)

Foto G. Sauli

Foto 14 - Fosso di guardia in geostuoia tridimensionale sintetica bitumata in opera a freddo, dopo 1 mese circa.
Autostrada dei Trafori - Loc. Invorio (NO)

Geostuoia tridimensionale sintetica prebitumata industrialmente a caldo	9

SINONIMI	Georete tridimensionale sintetica prebitumata (invalso uso in realtà errato trattandosi a tutti gli effetti di una stuoia e non di una rete)

Descrizione sintetica

Rivestimento spondale in stuoia tridimensionale costituita da filamenti sintetici aggrovigliati in modo da trattenere le particelle di materiale inerte terroso. In questa variante la stuoia (di spessore minimo 18 mm) viene prebitumata industrialmente a caldo e impiegata in prevalenza per il rivestimento di sponde normalmente a contatto con l'acqua corrente. La stuoia viene assicurata al terreno mediante l'infissione di picchetti e interrata in solchi appositamente approntati a monte. Il piede della sponda può essere fissato in analogia o, se lavorato in presenza d'acqua, fissato mediante posa di pietrame. La stuoia deve essere anche abbinata ad una semina da effettuarsi sia prima della posa della stuoia che sopra la stessa. Normalmente non vengono messe a dimora talee ed arbusti, almeno sulle superfici dove si prevede il libero scorrimento dell'acqua. Spesso la stuoia prebitumata viene posata sul fondo di canali le cui sponde sono rivestite con altra stuoia.

Campi di applicazione

Superfici spondali a contatto permanente con l'acqua, quali sponde o argini di canali con problemi di erosione. Rivestimento di fondi di canali.

Materiali impiegati

- Geostuoia tridimensionale prebitumata in nylon di spessore minimo 18 mm, resistenza a trazione non inferiore a 2.5 kN/m, temperatura di fusione non inferiore a 215 °C, intasata industrialmente a caldo con una miscela permeabile di pietrisco/bitume/additivi
- Staffe metalliche ø min. 8 mm
- Miscela di sementi (40 g/m^2)
- Pietrame

Modalità di esecuzione

1. regolarizzazione della sponda mediante allontanamento di eventuali apparati radicali e eliminazione di avvallamenti e piccoli dossi (irregolarità superficiali)
2. formazione di un solco di almeno 50 cm di profondità a monte della sponda
3. semina
4. posizionamento mediante impiego di mezzo meccanico (i rotoli non sono spostabili a mano) di un'estremità della geostuoia all'interno del solco, fissaggio con staffe e copertura del solco con terreno
5. stesura della geostuoia lungo la sponda e sovrapposizione dei teli contigui di almeno 10 cm
6. fissaggio della stuoia con staffe o picchetti a U lungo le sovrapposizioni dei vari teli utilizzati e al centro della stessa. La densità dei picchetti aumenta all'aumentare della pendenza della sponda: $< 30°$ 1 picchetto per m^2, $\geq 30°$ 2-3 picchetti per m^2 ed è in funzione della consistenza del substrato
7. ricopertura dei bordi e fissaggio della stuoia al piede della sponda. Lavorando in presenza di acqua il piede della stuoia può essere fissato con pietrame
8. semina di rincalzo

Geostuoia tridimensionale sintetica prebitumata industrialmente a caldo	9

Raccomandazioni

- I sormonti laterali dovranno essere di almeno 10 cm
- lungo sponde di corsi d'acqua e canali, è necessario che la posa in opera avvenga procedendo nel senso contrario alla corrente (in tal modo i sormonti sono automaticamente posizionati ad evitare infiltrazioni d'acqua tra una stuoia e l'altra)

Limiti di applicabilità

La stuoia prebitumata è poco flessibile e molto pesante e può essere installata solo entro il raggio d'azione delle macchine e su sponde regolarizzate

Vantaggi

Lavorabilità in presenza di acqua; materiale con effetto antierosivo immediato e permanente; adatta al rivestimento di fondi di corsi d'acqua canalizzati

Svantaggi

Costo elevato; vincolo assoluto alla movimentazione meccanica; scarsa permeabilità alla crescita delle piante

Effetto

Effetto funzionale antierosivo immediato e duraturo di un certo impatto iniziale visivo e sul microhabitat spondale

Periodo di intervento

La stesura della geostuoia può essere in teoria eseguita in qualsiasi periodo dell'anno. L'abbinamento obbligato con le semine vincola l'esecuzione al periodo autunno – primavera, con esclusione dei periodi di aridità estiva e di gelo invernale

Possibili errori

- Insufficiente o assente risvolto e fissaggio della geostuoia nel solco a monte
- Mancato fissaggio al piede della sponda in genere sommersa
- Insufficiente fissaggio con staffe della geostuoia al substrato
- Periodo stagionale non adatto alle semine

Geostuoia tridimensionale sintetica prebitumata industrialmente a caldo	9

Voce di Capitolato

1.19 Geostuoia tridimensionale sintetica prebitumata industrialmente a caldo

Rivestimento di superfici spondali regolarizzate con lavorazioni in presenza d'acqua (canalette, fossi di guardia, canali e corsi d'acqua) mediante stesura di geostuoia tridimensionale prebitumata in nylon di almeno 18 mm di spessore; la geostuoia avente resistenza a trazione non inferiore a 2.5 kN/m, temperatura di fusione non inferiore a 215°C intasata industrialmente a caldo con una miscela permeabile pietrisco/bitume/additivi dovrà avere una permeabilità sotto battente idraulico di 10 cm non inferiore a 20 kg/m^2; fissaggio della stessa mediante interro alle estremità in apposito solco per almeno 50 cm e picchettature con staffe metalliche di diametro opportuno ed in quantità tali da garantire stabilità ed aderenza della geostuoia sino ad accrescimento avvenuto del cotico erboso. Il fissaggio al piede in presenza d'acqua potrà essere effettuato con pietrame.

Tale rivestimento deve essere sempre abbinato per le superfici fuori acqua ad una semina, che precede la stesura della geostuoia, di minimo 40 g/m^2 di semente con le modalità di cui ai punti precedenti. Una idrosemina a spessore di rincalzo dovrà essere eseguita anche sopra la georete ove la prima semina sia avvenuta in periodo stagionale sfavorevole. Possono inoltre essere eseguiti, a posteriori, dei tagli a croce per la messa a dimora di specie arbustive autoctone corredate da certificazione di origine. Dovrà essere accurato il fissaggio di eventuali fasce parallele di georete in particolare tenendo conto della direzione del flusso.

Sezione Tipo

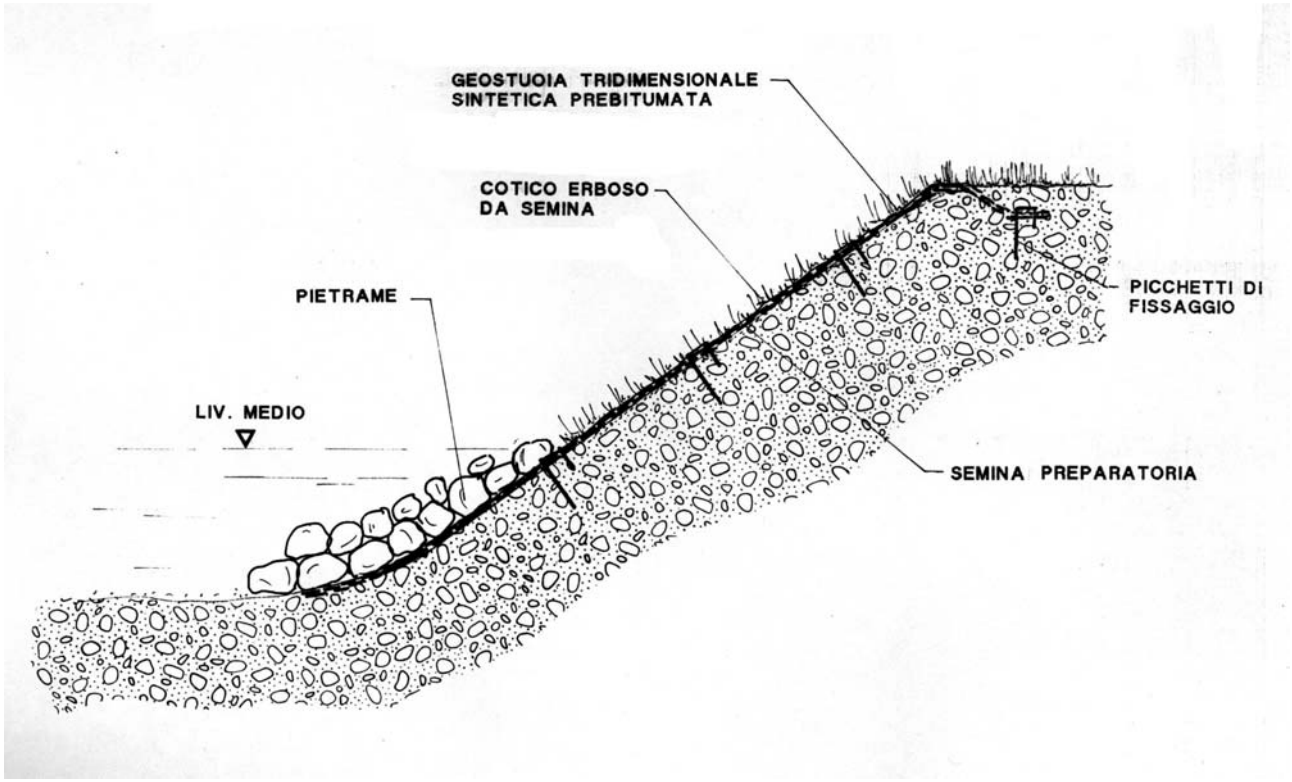


Foto G. Sauli

Foto 15 - Rivestimento in geostuoia tridimensionale sintetica prebitumata.
F. Zero (TV)

Foto G. Sauli

Foto 16 - Particolare del rivestimento in geostuoia tridimensionale sintetica prebitumata.
F. Zero (TV)

Rivestimento vegetativo in rete metallica a doppia torsione e geostuoia tridimensionale	10

SINONIMI

Descrizione sintetica

Rivestimento di sponde soggette a erosione mediante la stesura di una stuoia sintetica tridimensionale, spessore min. 10 mm, sormontata da una rete metallica a doppia torsione. Rete e geostuoia vengono fissati al terreno mediante picchetti, che vengono legati a monte e a valle con una fune di acciaio. Il rivestimento viene abbinato a idrosemina a spessore e messa a dimora di arbusti autoctoni e di talee di specie con capacità di propagazione vegetativa.

Campi di applicazione

Sponde in erosione soggette a frequenti sommersioni.

Varianti

Rivestimento in rete metallica e biostuoia in fibra di cocco. Può essere utilizzata per realizzare canalette di scorrimento in analogia con le geostuoie tridimensionali bitumate in loco. L'abbinamento con la stuoia organica non è invece proponibile su sponde soggette a frequente sommersione per le quali viene impiegata la stuoia sintetica come di seguito descritto.

Materiali impiegati

- geostuoia tridimensionale di min. 10 mm di spessore e massa areica minima pari a 750 g/m^2
- rete metallica a doppia torsione ø 2.2 mm, maglia 6x8 cm, zincata e, in ambienti chimici aggressivi, plastificata
- picchetti metallici a forma di cambretta o a T, ø 6 mm, L = 20 cm per il fissaggio preventivo della stuoia
- picchetti di acciaio a T, ø 12 - 14 mm, L = 50 - 100 cm a per il fissaggio della rete
- fune di acciaio
- idrosemina a spessore
- talee e arbusti

Modalità di esecuzione

1. regolarizzazione della scarpata con allontanamento di radici, massi
2. stesura per file parallele dei teli di geostuoia tridimensionale, avendo cura di sovrapporre lateralmente i teli per almeno 10 cm
3. fissaggio della geostuoia a monte e lungo la sponda mediante picchetti in acciaio, secondo quantità variabili dipendenti dalla pendenza della sponda stessa
4. stesura e fissaggio della rete metallica a doppia torsione al disopra della geostuoia (esistono materiali in cui la rete a doppia torsione e la geostuoia tridimensionale sono preassemblate in fase di fabbricazione; in questo caso la posa avviene in un'unica soluzione)
5. qualora si renda necessario per motivi di ancoraggio dei tondini, gli stessi dovranno essere posti in opera previa perforazione e successiva boiaccatura con miscela di acqua e cemento
6. legatura dei tondini, dotati di anello, mediante fune di acciaio sia a monte che a valle della sponda
7. idrosemina a spessore in quantità idonea al riempimento degli spazi della geostuoia tridim.
8. messa a dimora di talee e arbusti, previa taglio di alcune maglie della rete metallica e taglio della stuoia

Rivestimento vegetativo in rete metallica a doppia torsione e geostuoia tridimensionale	10

Raccomandazioni

- la sovrapposizione dei teli della stuoia si rende necessaria per evitare l'erosione tra le fasce stese. I teli della rete possono invece essere resi solidali tramite legature con filo metallico
- geostuoia e rete dovranno essere perfettamente adagiati e a contatto con il suolo sottostante, avendo cura di evitare la formazione di spazi vuoti
- la quantità di picchetti per m^2 dovrà essere valutata in base alla pendenza della sponda e comunque in quantità non inferiori a 1-2 picchetti per m^2

Limiti di applicabilità

Sponde molto irregolari e naturaliformi

Vantaggi

Metodo di rivestimento molto robusto ad immediata e duratura funzione antierosiva. Elevata permeabilità che impedisce l'insorgere di sottopressioni. Capacità di stabilizzazione corticale della sponda in presenza di fenomeni di filtrazione diretta verso l'alveo.

Svantaggi

La presenza di reti metalliche sulla superficie spondale artificializza la struttura, e può creare pericolo per la fauna, se non resa accuratamente aderente al substrato

Effetto

Immediato e robusto rivestimento antierosivo ad alta permeabilità all'acqua ed allo sviluppo di cotico erboso

Periodo di intervento

La stesura di reti e geostuoie può avvenire in qualsiasi momento dell'anno, mentre le semine devono essere eseguite da ottobre a marzo e la eventuale messa a dimora di talee e arbusti nel periodo di riposo vegetativo

Possibili errori

- rete non adeguatamente fissata al substrato e quindi destinata a sollevarsi
- semine e piantagioni fuori stagione
- impiego di reti a scadente zincatura, nei casi di ambiente chimico aggressivo, o non plastificate

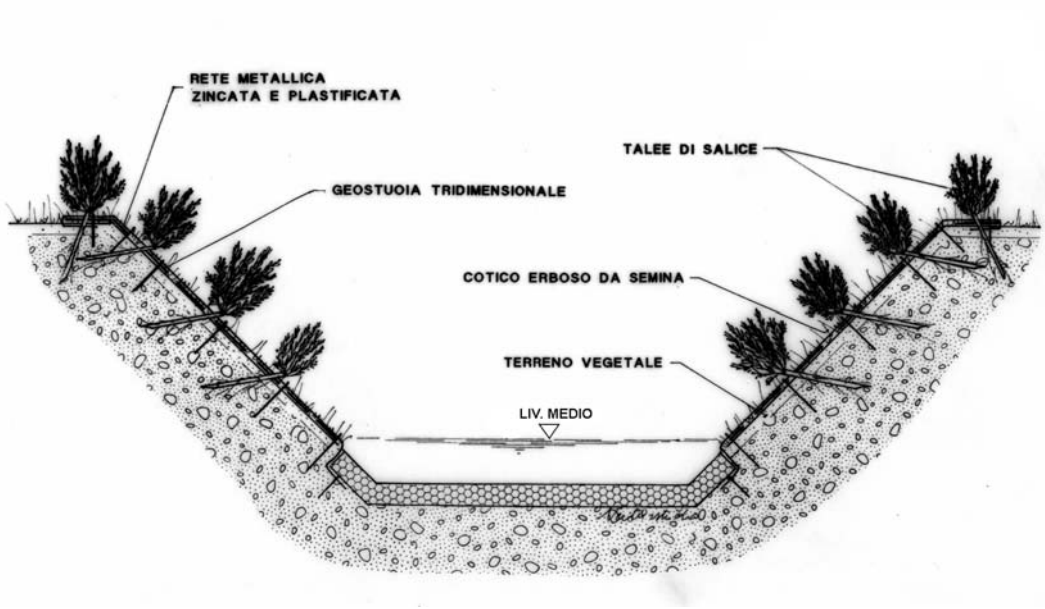
Rivestimento vegetativo in rete metallica a doppia torsione e geostuoia tridimensionale	10

Voce di Capitolato

1.23 Rivestimento vegetativo in rete metallica a doppia torsione e geostuoia tridimensionale
a) in rete zincata e plastificata e stuoia tridimensionale sintetica
b) in geocomposito già preconfezionato
c) in rete e biostuoia in fibra di cocco
Rivestimento di sponde in terreno molto ripide soggette a fenomeni di erosione accelerata mediante stuoia tridimensionale di spessore minimo 10 mm, di massa areica minima pari a 750 g/m^2 ed una rete metallica a doppia torsione a maglia esagonale tipo 6x8 in accordo alle UNI-EN 10223-3 tessuta con trafilato di ferro, conforme alle UNI-EN 10223-3 per le caratteristiche meccaniche e per le tolleranze sui diametri, a forte zincatura, quantitativo minimo di zinco pari a 260 g/mq, conforme a quanto previsto dalle UNI-EN 10223-3 e alla Circolare del Consiglio Superiore dei LL.PP. n. 2078 del 27.8.1962 vigente in materia avente un carico di rottura compreso tra 38 e 50 kN/m, allungamento minimo al 12% e diametro di 2.2 mm. In alternativa alla geostuoia tridimensionale si puo usare una biostuoia in fibre di cocco con massa areica non inferiore a 400 g/mq.
Le superfici da trattare per il rivestimento dovranno essere liberate da radici, pietre, ecc. ed eventuali vuoti andranno riempiti in modo da ottenere una superficie uniforme affinché la stuoia e la rete metallica possano adagiarsi perfettamente al suolo.
Prima si stenderà sulla pendice la rete tridimensionale che verrà picchettata a monte, mentre i teli verranno stesi verticalmente uno vicino all'altro con una sovrapposizione di circa 5-10 cm onde evitare l'erosione tra le fasce.
La picchettatura sarà in ragione di 1-2 picchetti per m^2; gli stessi saranno metallici a forma di cambretta o a T, formati con tondino d'acciaio del ø di 6 mm e della lunghezza di 20 cm. Successivamente verrà fissata al terreno la rete metallica; essa verrà picchettata a monte e lungo le fasce con picchetti d'acciaio a T, della lunghezza di 50-100 cm dello spessore di 12-14 mm (in funzione della consistenza del terreno di posa); la picchettatura sulla rete metallica sarà in ragione di 1-2 picchetti per m^2 a seconda della regolarità della superficie del terreno, inclusa eventuale perforazione e boiaccatura con miscela acqua e cemento e compreso il fissaggio in testa e al piede a mezzo fune d'acciaio; il tutto nelle quantità tali da garantire la stabilità e l'aderenza della rete. Nel caso di materiali preassemblati, geostuoia tridimensionale e rete metallica si posano contemporaneamente e si adotta il tipo di picchettatura tra quelle sopra descritte che meglio si adatta al tipo di terreno della sponda.
Tale rivestimento va in genere abbinato con un'idrosemina a forte spessore realizzata in maniera da intasare completamente lo spessore della rete tridimensionale.

Rivestimento vegetativo in rete metallica a doppia torsione e geostuoia tridimensionale	10

Sezione Tipo



Vista prospettica

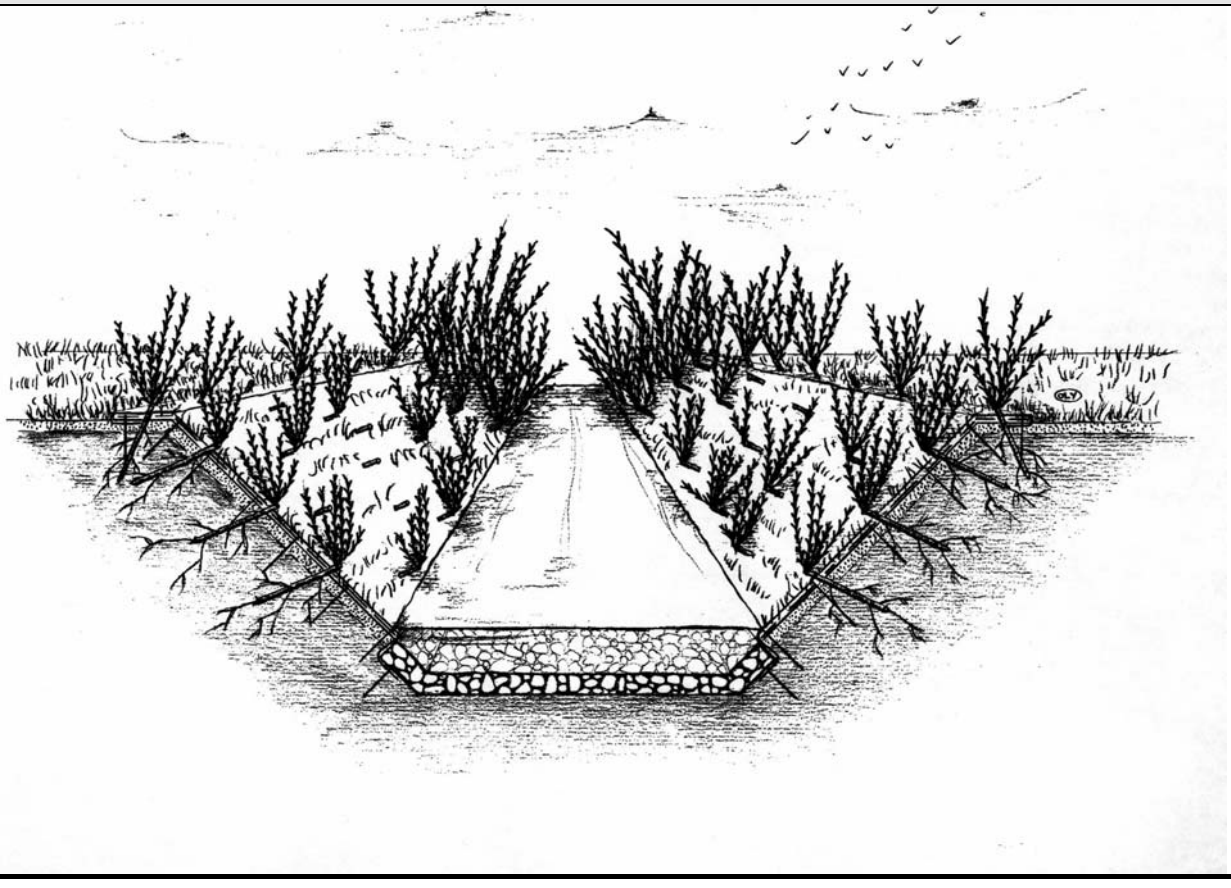


Foto G. Sauli

Foto 17 - Canaletta di sgrondo in rivestimento vegetativo in rete metallica e biostuoia tridimensionale.
Loc. Atina (FR)

Foto R. Telò

Foto 18 - Rivestimento vegetativo in rete metallica e geostuoia tridimensionale
In fase di realizzazione.

Foto R. Telò

Foto 19 - Rivestimento vegetativo in rete metallica e geostuoia tridimensionale
A fine lavori.
Centro sportivo di Milanello - Carnago (VA)

Foto R. Telò

Foto 20 - Rivestimento vegetativo in rete metallica e geostuoia tridimensionale
Dopo due mesi.
Centro sportivo di Milanello - Carnago (VA)

Messa a dimora di talee	11

SINONIMI

Descrizione sintetica

Infissione nel terreno o nelle fessure tra massi di talee legnose e/o ramaglie di specie vegetali con capacità di propagazione vegetativa. E' classico l'impiego dei salici, ma anche di altre specie quali il ligustro e nelle zone meridionali l'oleandro e le tamerici, specie quest'ultima resistente a condizioni alterne di forte aridità e presenza di sali nel terreno.
Da non confondere con barbatelle e getti radicati che non consentono la lavorabilità della talea legnosa.

Campi di applicazione

Scarpate a pendenza limitata, sponde fluviali e lacustri; interstizi e fessure di scogliere, muri, gabbionate; come picchetti vivi nella posa di reti, stuoie, fascinate, viminate.
Vasta applicabilità con esclusione di substrati litoidi e particolarmente xerici o, in ambito fluviale, di regimi torrentizi con correnti e trasporto solido particolarmente elevati.

Materiali impiegati

- getti non ramificati, di 2 o più anni, ø 1 ÷ 5 cm, L = 0,50 ÷ 0,80 m, di piante legnose in genere arbustive con capacità di propagazione vegetativa (salici) da infiggere nel terreno;
- ramaglie vive di L 1÷5 m da inserire in fase di costruzione in strutture quali: palificate vive, scogliere, gabbionate, terre rinforzate;
- talee e ramaglie vive per la realizzazione di fascinate, viminate ecc.;
- per le tamerici vengono usate di preferenza le ramaglie in fronda mentre la talea vera e propria ha minori capacità di rigetto;

Modalità di esecuzione

1. infissione perpendicolare o leggermente inclinata delle talee nel terreno, mediante mazza in legno, previa eventuale formazione di un foro con una punta di ferro o previo taglio a punta della talea stessa
2. l'infissione deve avvenire secondo il verso di crescita delle piante (parte più grossa verso il terreno)
3. dopo l'infissione o la messa in posto si pratica un taglio netto con cesoie da potatura
4. le talee devono sporgere dal terreno per circa 1/4 della lunghezza ed in genere non più di 10-15 cm
5. la densità di impianto varia a seconda della necessità di consolidamento (2 ÷ 10 talee per m^2)
6. qualora le talee vengano poste nelle fessure di muri o scogliere, le fessure dovranno essere intasate con materiale fine, non necessariamente terreno vegetale.
7. nel caso di inserimento in materassi e gabbionate l'inserimento va effettuato durante il riempimento con disposizione sparsa sulla superficie dei gabbioni stessi e le talee devono avere lunghezza tale da raggiungere il terreno naturale retrostante la struttura
8. anche nelle terre rinforzate l'inserimento va effettuato durante la costruzione per consentire il massimo approfondimento (sino a 3-4 m ma almeno 1-2 m) e quindi garantire le migliori condizioni di radicazione e quindi di efficacia naturalistica e funzionale.

Messa a dimora di talee	11

Raccomandazioni

- la densità di impianto aumenta all'aumentare della pendenza del terreno: da 2-5 talee/m^2 a 5-10 talee/m^2
- se le talee vengono raccolte molto tempo prima della messa a dimora, dovranno essere conservate in celle frigorifere a basse temperature (4-5°C) e 90 % di umidità o sommerse in vasche di acqua fredda,
- la messa a dimora va effettuata nei periodi di ripresa vegetativa con esclusione dei periodi di aridità estiva o gelo invernale

Limiti di applicabilità

Altitudine e condizioni pedoclimatiche limite relativamente alle specie impiegate. Le varie specie di salici ad esempio coprono una vasta gamma di ambienti dal livello del mare sino ai 2000 m s.l.m. ed oltre, ma temono le condizioni di forte aridità dei climi stenomediterranei, la salinità del substrato (vicinanza al mare, terreni calanchivi), l'eccesso di ombreggiamento; tamerici, oleandro, atriplex resistono a tali condizioni ma non sono impiegabili a quote superiori ai 300-400 m s.l.m.

Vantaggi

Rivegetazione e stabilizzazione di superfici spondali di neoformazione a basso prezzo, di semplice realizzazione ed approvvigionamento, con azione puntuale inizialmente ma estesa e coprente dopo lo sviluppo (6 mesi ÷ 1-2 anni)

Svantaggi

La stabilità della scarpata e il consolidamento superficiale del terreno sono limitati sino allo sviluppo di un adeguato apparato radicale. Vanno eseguite saltuarie potature di irrobustimento e sfoltimento per evitare popolamenti monospecifici. La intrinseca difficoltà di ritornare su opere collaudate può essere efficacemente superata programmando successivi approvvigionamenti per altre opere, prelevando appunto talee mediante potatura in aree di precedenti interventi

Effetto

Copertura delle scarpate con cespugli. Più lunghe sono le talee conficcate nel terreno, maggiore l'effetto stabilizzante/consolidante in profondità.
Effetto di drenaggio (i salici sono delle vere e proprie "pompe dell'acqua") dovuto ad assorbimento e traspirazione del materiale vivo impiegato.

Periodo di intervento

Periodo di riposo vegetativo

Possibili errori

- talee troppo corte (lunghezza inferiore a 50-60 cm) e quindi morte per appassimento o gelo
- diametro della talea eccessivamente piccolo (molti vivaisti sono abituati ad usare talee verdi di legni del primo anno il cui attecchimento è efficace solo in condizioni controllate)
- periodo troppo lungo tra raccolta e messa a dimora, esposizione prolungata al sole. In genere le talee e ramaglie vanno tagliate e messe in opera in giornata
- le talee non vengono infisse nel terreno in contropendenza rispetto alla scarpata
- le talee vengono infisse nel verso contrario a quello di crescita
- la parte che rimane al di fuori del terreno si secca perché troppo lunga e quindi eccessivamente esposta agli agenti atmosferici (gelo, vento, sole)
- scelta del periodo di raccolta e messa a dimora inadeguato (es. periodo di fruttificazione per i salici; periodi di aridità estiva in genere)

Messa a dimora di talee	11

Voce di Capitolato

2.1 Messa a dimora di talee

a) salici
b) tamerici
c) altre specie

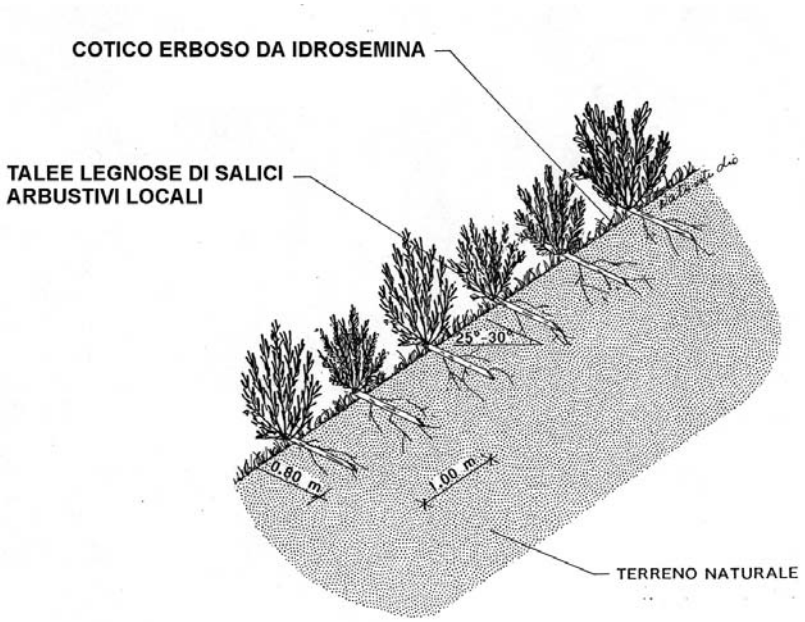
Fornitura e messa a dimora di talee legnose di specie arbustive idonee a questa modalità di trapianto vegetativo prelevate dal selvatico di due o più anni di età, di ø da 2 a 5 cm (1-3 cm nel caso di tamerici, oleandro, atriplex) e lunghezza minima di 50 cm, messe a dimora nel verso di crescita previo taglio a punta e con disposizione perpendicolare o leggermente inclinata rispetto al piano di scarpata. Le talee vanno infisse a mazza di legno o con copritesta in legno, previa eventuale apertura di un foro con punta di ferro, e sporgente al massimo per un quarto della loro lunghezza e comunque non più di 10-15 cm, adottando, nel caso, un taglio netto di potatura dopo l'infissione.

La densità di impianto dovrà essere di 2 ÷ 10 talee per m^2 a seconda delle necessità di consolidamento. Le talee dovranno essere prelevate, trasportate e stoccate in modo da conservare le proprietà vegetative adottando i provvedimenti cautelativi in funzione delle condizioni climatiche e dei tempi di cantiere.

La messa a dimora dovrà essere effettuata di preferenza nel periodo invernale e a seconda delle condizioni stagionali anche in altri periodi con esclusione del periodo di fruttificazione.

Messa a dimora di talee	11

Sezione Tipo



Vista prospettica

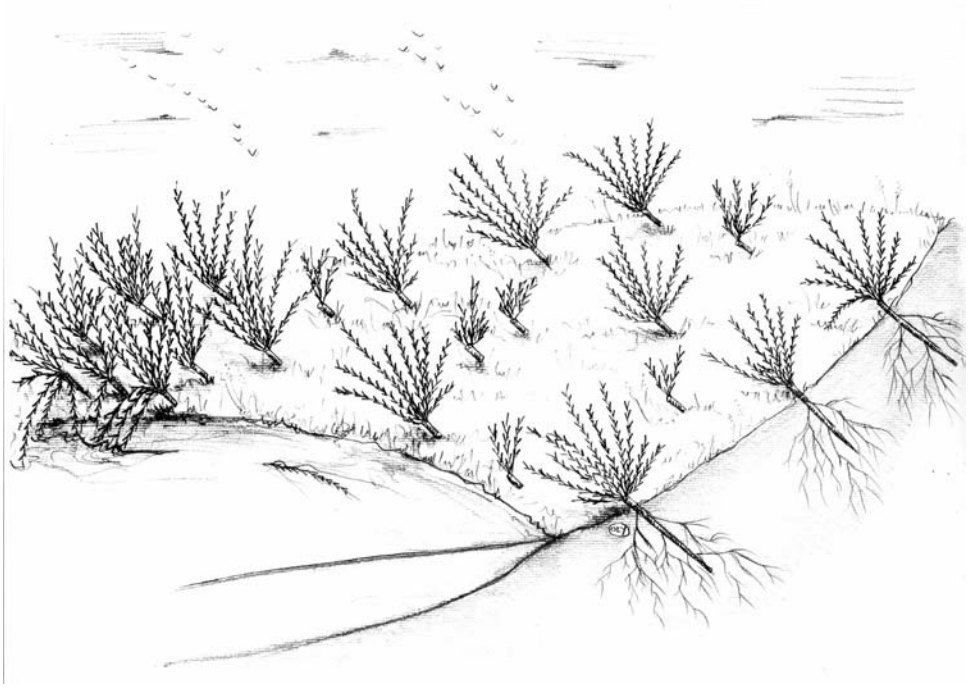


Foto G. Sauli

Foto 21 - Particolare talea di Salice. Prima fase sviluppo fogliare.

Foto R. Ferrari

Foto 22 - Messa a dimora di talee di Salice sulle sponde di una roggia.
In golena F. Tagliamento (UD)

Foto G. Sauli

Foto 23 - Talea di tamerici e stuoia in juta su sponda canale.
Zona Molentargius (CA)

Foto G. Sauli

Foto 24 - Talea di tamerici, stadio della radicazione dopo alcuni mesi.
T. Arrone (VT)

Foto P. Cornelini

Foto 25 - Messa a dimora di talee su sponda.
Rio Inferno Superiore (FR)

Foto P. Cornelini

Foto 26 - Messa a dimora di talee su sponda dopo un anno.
Rio Inferno Superiore (FR)

Piantagione di arbusti	12

SINONIMI	

Descrizione sintetica

Messa a dimora di giovani arbusti autoctoni in zolla o in vasetto,di produzione vivaistica. La messa a dimora avviene in buche appositamente predisposte e di dimensioni opportune ad accogliere l'intera zolla o tutto il volume radicale della pianta. La piantagione deve avvenire secondo un sesto d'impianto irregolare e con specie diverse disposte a mosaico. Per i primi anni le piante devono essere dotate di palo tutore, pacciamatura alla base per ridurre la concorrenza con le specie erbacee e cilindro in rete per protezione dalla fauna. Il trapianto a radice nuda, molto usato nell'Europa centrale ed anche nelle zone alpine italiane è poco proponibile nelle regioni centro-meridionali, Lazio incluso.

Campi di applicazione

Superfici a bassa pendenza con presenza di suolo organico.
Nei terreni privi di tale sostanza è opportuno preparare delle buche nel substrato minerale e riempirle con una certa quantità di terreno vegetale, fibra organica e fertilizzanti atte a garantire l'attecchimento delle piante; in tali terreni sarà comunque da preferire la scelta di piante a comportamento pioniero degli stadi corrispondenti della serie dinamica potenziale naturale del sito.
Gli arbusti sono anche da abbinare con le stuoie, rivestimenti vari, grate e palificate, terre rinforzate ecc.

Materiali impiegati

- Arbusti da vivaio in zolla o contenitore; altezza compresa tra 0,30 e 0,80 m
- Dischi pacciamanti, o strato di corteccia di pino, al fine di limitare la concorrenza con le specie erbacee
- Pali tutori
- Reti di protezione antifauna

Modalità di esecuzione

1. Allontanamento dei materiali non idonei
2. Formazione di buche di dimensioni prossime a quelle dell'apparato radicale o della zolla
3. eventuale apporto di terreno vegetale, fibra organica, fertilizzanti ed ammendanti
4. Posizionamento dell'arbusto nella buca
5. Copertura della buca con il terreno
6. Rincalzo e formazione di invito per la raccolta d'acqua o per l'allontanamento della stessa a seconda delle condizioni pedo - climatiche
7. Pacciamatura con biofeltri, dischi pacciamanti, corteccia di resinose, ecc.

Piantagione di arbusti	12

Raccomandazioni

* Se a radice nuda, l'intervento deve essere effettuato esclusivamente durante il periodo di riposo vegetativo

Limiti di applicabilità

Assenza di terreno vegetale; eccesso di ombreggiamento; eccesso di aridità estiva; prolungati periodi di sommersione.

Vantaggi

Esecuzione semplice, tecnica nota a qualsiasi impresa del verde

Svantaggi

La stabilità della sponda e il consolidamento superficiale del terreno sono limitati sino allo sviluppo di un adeguato apparato radicale e quindi tali condizioni devono essere garantite da altro materiale. Nei primi anni necessitano di cure colturali.

Effetto

Con il tempo si forma un fitto reticolo radicale di protezione dall'erosione. Aumenta la biodiversità, grazie anche all'instaurarsi di un ambiente idoneo ad ospitare numerose specie animali.

Periodo di intervento

Piante a radice nuda: durante il periodo di riposo vegetativo
Piante in zolla o contenitore: anche durante il periodo vegetativo con esclusione dei periodi di aridità estiva e di gelo invernale

Possibili errori

- scelta errata delle specie rispetto alle condizioni pedo - climatiche, con conseguente elevata percentuale delle fallanze
- scelta errata del periodo di posa del materiale vegetale vivo
- mancate cure colturali iniziali (in genere necessita irrigazione di soccorso iniziale).

Piantagione di arbusti	12

Voce di Capitolato

2.2 Piantagione di arbusti

a) in zolla
b) in contenitore
c) in fitocella
d) a radice nuda

Fornitura e messa a dimora di arbusti autoctoni da vivaio di specie coerenti con gli stadi corrispondenti della serie dinamica potenziale naturale del sito, con certificazione di origine del seme o materiale da propagazione, in ragione di 1 esemplare ogni 3 ÷ 20 m^2 aventi altezza minima compresa tra 0,30 e0,80 m, previa formazione di buca con mezzi manuali o meccanici di dimensioni doppie rispetto al volume radicale nel caso di fitocelle, vasetti o pani di terra. Nella disposizione a siepe cespuglio (gradonate, grate vive) la quantità va stimata al metro lineare, normalmente da 3 a 10 se abbinata a talee o meno.

Si intendono inclusi:

- l'allontanamento dei materiali di risulta dello scavo se non idonei;
- il riporto di fibre organiche quali paglia, torba, cellulosa, ecc. nella parte superiore del ricoprimento, non a contatto con le radici della pianta;
- il rincalzo con terreno vegetale con eventuale invito per la raccolta d'acqua o l'opposto a seconda delle condizioni pedo-climatiche della stazione;
- la pacciamatura in genere con dischi o biofeltri ad elevata compattezza o strato di corteccia di resinose per evitare il soffocamento e la concorrenza derivanti dalle specie erbacee.
- Il palo tutore
- Le reti di protezione faunistica

Le piante a radice nuda potranno essere trapiantate solo durante il periodo di riposo vegetativo, mentre per quelle in zolla, contenitore o fitocella il trapianto potrà essere effettuato anche in altri periodi tenendo conto delle stagionalità locali e con esclusione dei periodi di estrema aridità estiva o gelo invernale.

Piantagione di arbusti	12

Vista prospettica

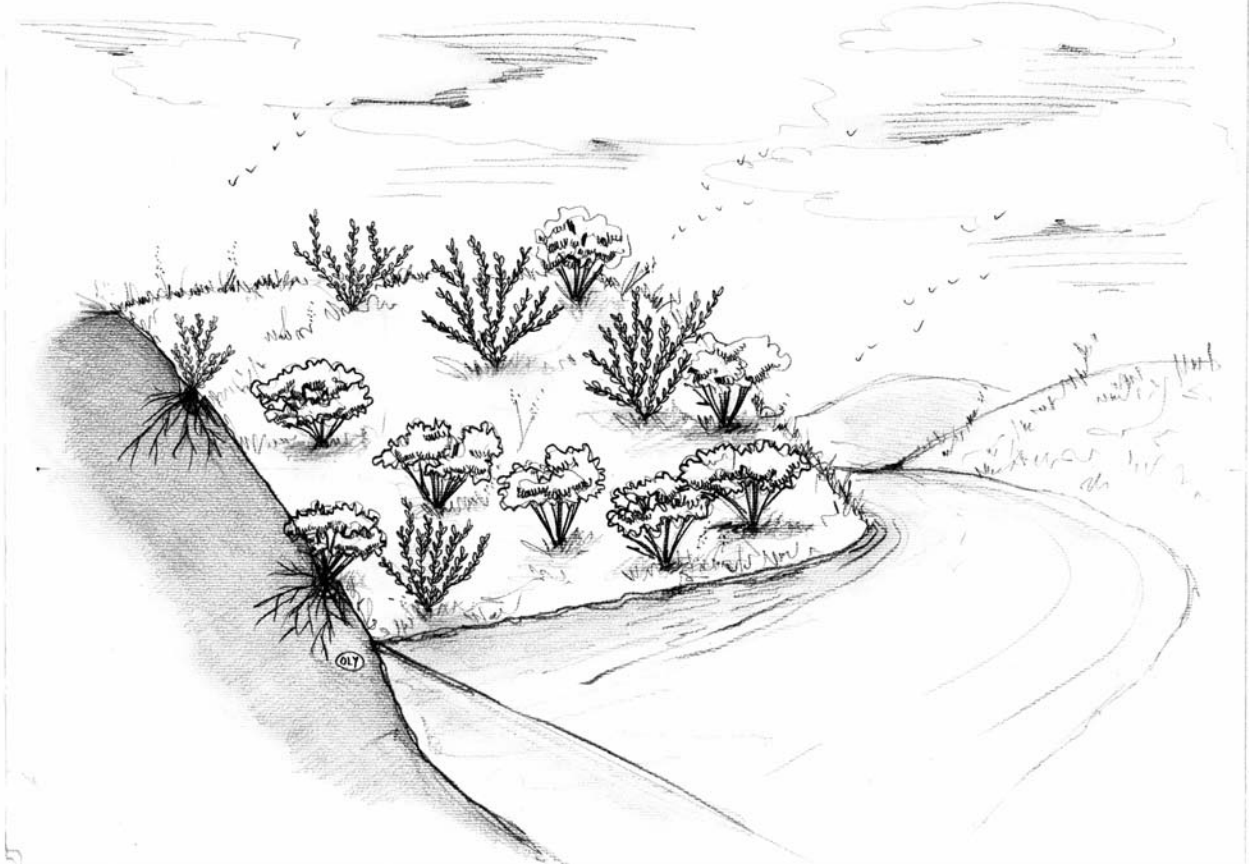


Foto G. Sauli

Foto 27 - Radici fascicolate tipiche degli arbusti.
Regensburg (Germania)

Foto G. Sauli

Foto 28 - Arbusti con dischi pacciamanti
Bolzano.

Foto G. Sauli

Foto 29 - Pacciamatura di arbusti con corteccia di pino.
Golena F. Tagliamento (UD)

Foto G. Sauli

Foto 30 - Pacciamatura in trucioli di legno su arbusti messi a dimora.
Sponda di un ecosistema filtro (Zurigo - CH).

Piantagione di alberi	13

SINONIMI	

Descrizione sintetica

Messa a dimora di giovani alberi autoctoni in zolla o in vasetto,di produzione vivaistica. La messa a dimora avviene in buche appositamente predisposte e di dimensioni opportune ad accogliere l'intera zolla o tutto il volume radicale della pianta. La piantagione deve avvenire secondo un sesto d'impianto irregolare e con specie diverse disposte a mosaico. Per i primi anni le piante devono essere dotate di palo tutore, pacciamatura alla base per ridurre la concorrenza con le specie erbacee e cilindro in rete per protezione dalla fauna. Il trapianto a radice nuda, molto usato nell'Europa centrale ed anche nelle zone alpine italiane è poco proponibile nelle regioni centro-meridionali, Lazio incluso. Contrariamente agli arbusti, gli alberi non possono essere messi a dimora in aree golenali, sponde soggette a sommersione, scarpate lato acqua degli argini anche se diaframmati.

Campi di applicazione

Superfici a bassa pendenza con presenza di suolo organico.
Nei terreni privi di tale sostanza è opportuno preparare delle buche nel substrato minerale e riempirle con una certa quantità di terreno vegetale, fibra organica e fertilizzanti atte a garantire l'attecchimento delle piante; in tali terreni sarà comunque da preferire la scelta di piante a comportamento pioniero degli stadi corrispondenti della serie dinamica potenziale naturale del sito.
Gli alberi sono anche da abbinare con le stuoie e rivestimenti vari, mentre non vanno assolutamente abbinati a grate e palificate, terre rinforzate ecc. per ovvi motivi di incompatibilità degli alberi nello stadio adulto con tali strutture.

Materiali impiegati

- Alberi da vivaio in zolla o contenitore; altezza compresa tra 0,50 e 2 m
- Dischi pacciamanti, o strato di corteccia di pino, al fine di limitare la concorrenza con le specie erbacee
- Pali tutori
- Reti di protezione antifauna

Modalità di esecuzione

1. Allontanamento dei materiali non idonei
2. Formazione di buche di dimensioni prossime a quelle dell'apparato radicale o della zolla
3. eventuale apporto di terreno vegetale, fibra organica, fertilizzanti ed ammendanti
4. Posizionamento dell'albero nella buca
5. Copertura della buca con il terreno
6. Rincalzo e formazione di invito per la raccolta d'acqua o per l'allontanamento della stessa a seconda delle condizioni pedo - climatiche
7. Pacciamatura con biofeltri, dischi pacciamanti, corteccia di resinose, ecc.

Piantagione di alberi	13

Raccomandazioni

- Se a radice nuda, l'intervento deve essere effettuato esclusivamente durante il periodo di riposo vegetativo

Limiti di applicabilità

Assenza di terreno vegetale; eccesso di ombreggiamento; eccesso di aridità estiva; prolungati periodi di sommersione.

Vantaggi

Esecuzione semplice, tecnica nota a qualsiasi impresa del verde

Svantaggi

La stabilità delle superfici di messa a dimora e il consolidamento superficiale del terreno sono limitati sino allo sviluppo di un adeguato apparato radicale e quindi tali condizioni devono essere garantite da altro materiale.
Nei primi anni necessitano di cure colturali.

Effetto

Con il tempo si forma un robusto reticolo radicale di protezione dall'erosione. Aumenta la biodiversità, grazie anche all'instaurarsi di un ambiente idoneo ad ospitare numerose specie animali

Periodo di intervento

Piante a radice nuda: durante il periodo di riposo vegetativo
Piante in zolla o contenitore: anche durante il periodo vegetativo con esclusione dei periodi di aridità estiva e di gelo invernale

Possibili errori

- scelta errata delle specie rispetto alle condizioni pedo - climatiche, con conseguente elevata percentuale delle fallanze
- scelta errata del periodo di posa del materiale vegetale vivo
- mancate cure colturali iniziali (in genere necessita irrigazione di soccorso iniziale).

Piantagione di alberi	13

Voce di Capitolato

2.3 Piantagione di alberi

a) in zolla
b) in contenitore
c) in fitocella
d) a radice nuda

Fornitura e messa a dimora di alberi autoctoni da vivaio di specie coerenti con gli stadi corrispondenti della serie dinamica potenziale naturale del sito, con certificazione di origine del seme o materiale da propagazione, in ragione di 1 esemplare ogni 5 ÷ 30 m^2 aventi altezza minima compresa tra 0,50 e 2 m, previa formazione di buca con mezzi manuali o meccanici di dimensioni doppie rispetto al volume radicale nel caso di fitocelle, vasetti o pani di terra..

Si intendono inclusi:

- l'allontanamento dei materiali di risulta dello scavo se non idonei;
- il riporto di fibre organiche quali paglia, torba, cellulosa, ecc. nella parte superiore del ricoprimento, non a contatto con le radici della pianta;
- il rincalzo con terreno vegetale con eventuale invito per la raccolta d'acqua o l'opposto a seconda delle condizioni pedo-climatiche della stazione;
- la pacciamatura in genere con dischi o biofeltri ad elevata compattezza o strato di corteccia di resinose per evitare il soffocamento e la concorrenza derivanti dalle specie erbacee.
- il palo tutore
- le reti di protezione faunistica

Le piante a radice nuda potranno essere trapiantate solo durante il periodo di riposo vegetativo, mentre per quelle in zolla, contenitore o fitocella il trapianto potrà essere effettuato anche in altri periodi tenendo conto delle stagionalità locali e con esclusione dei periodi di estrema aridità estiva o gelo invernale.

Foto P. Cornelini

Foto 31 - Messa a dimora di specie arboree con reti di protezione.
Tenuta Castelporziano (Roma)

Foto G. Sauli

Foto 32 - Messa a dimora di alberi con reticelle di protezione faunistica.
T. Ponte di Muro (UD)

Trapianto di rizomi e di cespi	14

SINONIMI

Descrizione sintetica

Tecnica utilizzata per la propagazione delle specie di difficile reperimento in commercio e di difficile propagazione per seme, come *Phragmites australis e Typha* in zone palustri, graminacee selvatiche di vari generi in zone montane. Dal selvatico vengono prelevati rizomi e cespi in pezzi di alcuni centimetri. Questi vengono posti a dimora sul terreno e poi ricoperti con uno strato leggero di terreno, onde evitarne il disseccamento.

Campi di applicazione

Stazioni estreme di alta montagna dove il periodo vegetativo è più breve;
sponde fluviali, paludi costiere salmastre;
aree caratterizzate da scarsa vegetazione e le cui sementi non sono reperibili in commercio;
Ambienti igrofili e substrati non drenanti

Materiali impiegati

- Rizomi e pezzi di rizomi di lunghezza 10-15 cm di specie vegetali adatte, prelevate dal selvatico (ad es. *Phragmites australis, Phalaris arundinacea*)
- Pani di terra di canneto di dimensioni 30 x 30 cm circa (*Phragmites australis)*
- Cespi di erbe graminoidi e non, che sviluppano più cauli e quindi possono essere suddivise in più pezzi, in grado di riprodursi vegetativamente (ad es. *Ampelodesmos mauritanicus, Oryzopsis miliacea, Carex pendula*)

Modalità di esecuzione

1. Prelievo dal selvatico di specie con rizomi e loro frammentazione
2. Deposizione dei pezzi di rizoma sul terreno con una densità di impianto variabile a seconda della specie impiegata (in genere 3-5 pezzi per m^2)
3. Ricopertura con un po' di terra
4. da zone paludose può spesso essere conveniente prelevare con mezzo meccanico parti superficiali di canneto con relativo substrato fangoso da spargere sulle superfici da ricolonizzare
5. Dal selvatico possono essere prelevati anche cespi, sistemati in buche poco profonde
6. Per alcune specie vegetali è possibile ottenere talee di rizomi (rizomi fittonanti) da piantare verticalmente nel terreno
7. Per le specie vegetali stolonifere, spesso di difficile reperimento in commercio, è possibile, partendo da un cespo, ottenere per suddivisione gli stoloni e i culmi con relative radici, poi coltivati in vivaio e quindi impiantati.

Trapianto di rizomi e di cespi	14

Raccomandazioni

* Rizomi e cespi devono essere impiegati immediatamente dopo il prelievo. Possono essere immagazzinati per breve tempo in un luogo fresco (es. sotto uno strato di sabbia umida)
* Rispetto del periodo di intervento (in genere periodo invernale o in zone montane autunno-primavera)

Limiti di applicabilità

Ambienti eccessivamente drenanti o viceversa con ristagni d'acqua per periodi eccessivamente lunghi

Vantaggi

Introduzione di specie rapidamente edificatrici e di difficile reperimento commerciale.
Possibilità di sfruttare materiale reperibile nei pressi del luogo di intervento.
Viene evitata la fase critica della germinazione tipica delle semine

Svantaggi

La radicazione non è così profonda come avviene per le specie nate da seme.
Elevato consumo di materiale, lavoro lungo e impegnativo.

Effetto

Copertura del terreno rapida e più efficace rispetto a quella ottenibile con la semplice semina.

Periodo di intervento

Trapianto all'inizio o al termine del periodo di riposo vegetativo.

Possibili errori

- scelta errata del periodo per la posa di materiale vegetale vivo
- stoccaggio troppo lungo fuori terra

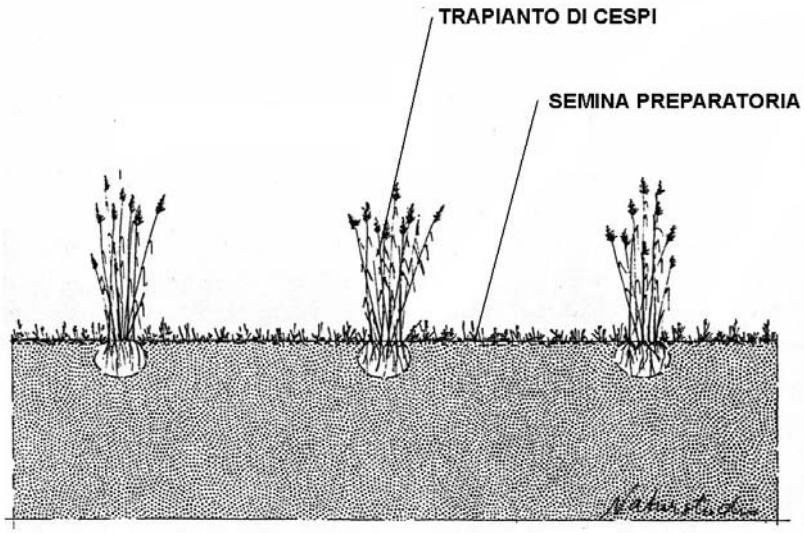
Voce di Capitolato

2.7 Trapianto di rizomi e di cespi
a) divisi
b) sminuzzati
Prelievo dal selvatico di rizomi, stoloni e cespi di graminacee ed altre specie idonee in pezzi di circa 10 - 15 cm e loro piantagione per circa 4 cm o deposizione sul terreno sminuzzati od interi e ricopertura con un leggero strato di terreno vegetale per evitarne il disseccamento.
Il trapianto va eseguito all'inizio o al termine del periodo di riposo vegetativo in ragione di 3 - 5 pezzi per m^2.
Tale tecnica va utilizzata per la riproduzione di specie non esistenti in commercio e di difficile riproduzione per seme. La moltiplicazione può essere effettuata anche tramite vivaio e successivo trapianto, utilizzando contenitori a bivalve in cui vengono inseriti frammenti di cespi dalle graminacee selvatiche, che vengono ritrapiantati dopo un ciclo di sviluppo nelle aree da

colonizzare.

Trapianto di rizomi e di cespi	14

Sezione Tipo



Vista prospettica

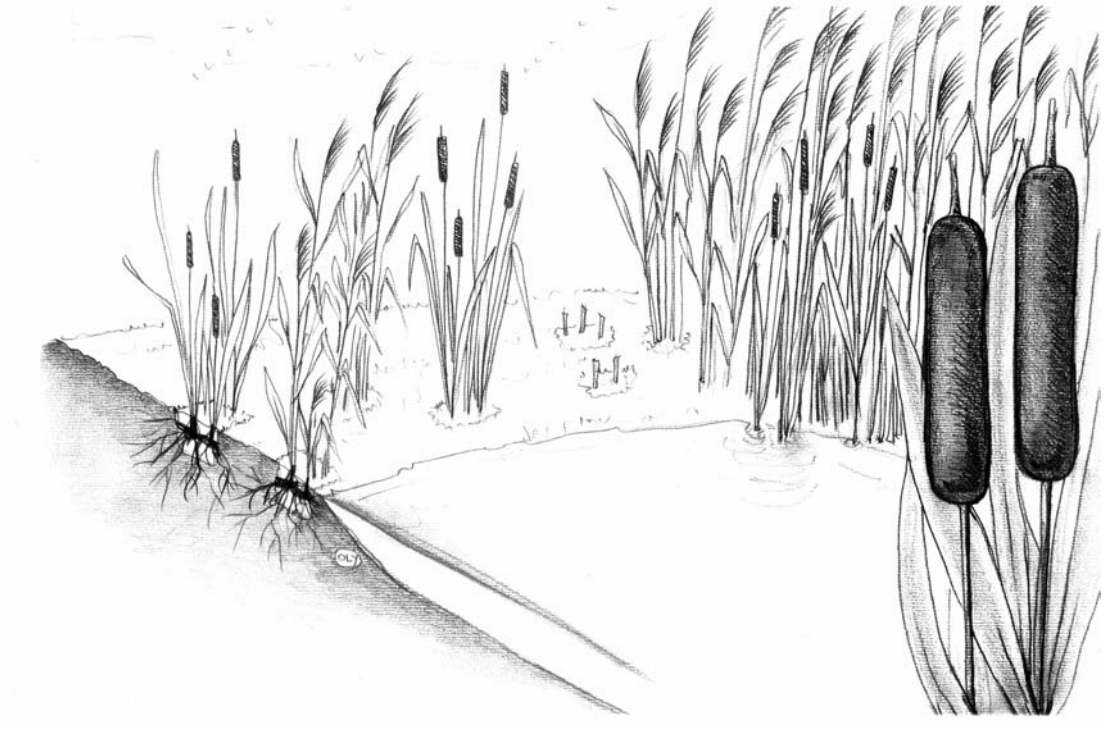


Foto C. Loss

Foto 33 - Trapianto di rizomi di Canna di palude.
F. Natissa - Aquileia (UD)

Foto R. Ferrari

Foto 34 - Messa a dimora di rizomi di Canna di palude su sponda laghetto.
Valle delle Noghere (TS)

Foto P. Cornelini

Foto 35 - Trapianto di cespi di Ammofila.
Oasi WWF di Macchia Grande (Roma)

Copertura diffusa con ramaglia viva	15

SINONIMI	

Descrizione sintetica

Stesura sulla superficie di una sponda di ramaglia viva di specie vegetali con capacità di propagazione vegetativa (Salici, Tamerici, ...). La ramaglia ha disposizione perpendicolare alla direzione del flusso d'acqua ed è fissata al substrato mediante filo di ferro teso tra picchetti e paletti vivi e/o morti. La base della ramaglia viene conficcata nel terreno umido o a contatto con l'acqua. Qualora siano presenti più file, queste devono sormontarsi parzialmente. La ramaglia viene coperta con un sottile strato di terreno.

Campi di applicazione

Sponde di corsi d'acqua dove necessiti una protezione continua ed elastica della sponda.

Materiali impiegati

- Ramaglia viva, verghe o astoni di specie con capacità di propagazione vegetativa, di lunghezza mai inferiore a 1,5 m e dal portamento dritto
- Picchetti in legno di castagno ø 8 - 12 cm, L = 80 cm
- Filo di ferro cotto ø 2-3 mm
- Terreno per la copertura

in aggiunta, se armata:

a) Fascine	**b) tronchi**	**c) massi**	**d) massi legati**
• Fascine vive o morte	• tronchi ø 15- 25 cm • chiodature metalliche	• massi	• Massi • Fune in acciaio ø 16 mm • Barre in acciaio L = 1,00 m, ø 16 - 20 mm • Morsetti serrafune e malta cementizia antiritiro

Modalità di esecuzione

1. rimodellamento e regolarizzazione della superficie di sponda fino ad ottenere una pendenza non superiore a 30°
2. scavo di un fosso alla base della sponda con profondità di circa 30 cm
3. battitura dei picchetti per una profondità di almeno 60 cm. I picchetti andranno posizionati secondo file parallele alla direzione dell'acqua e dovranno avere un'interasse variabile da 1 a 3 m a seconda della pressione idraulica. Le risultanti file parallele dei picchetti, perpendicolari al corso d'acqua, avranno un'interasse di 1 m.
4. stesura della ramaglia e delle verghe in modo continuo, fino a rivestire tutta la superficie della sponda, e in modo tale che la base delle verghe sia conficcata nel solco alla base della sponda, a contatto con terreno e acqua. Le verghe vanno poste ortogonali rispetto alla base di sponda. E' possibile mescolare al materiale vivo anche materiale morto, avendo cura di distribuire omogeneamente tutto il materiale.
5. qualora la lunghezza delle verghe non sia sufficiente a ricoprire l'intera altezza della scarpata, devono essere realizzati più strati in modo che la fila di ramaglia sottostante sormonti di almeno 20 ⏐ 30 cm quella sovrastante, e quest'ultima abbia le basi degli astoni ben conficcate nel terreno umido
6. lo strato di ramaglia verrà ancorato al terreno sottostante con filo di ferro fissato ai paletti (per tali operazioni possono essere usati anche: correnti in legno, astoni vivi, fascine vive)

Copertura diffusa con ramaglia viva	15

7. ricopertura della ramaglia con uno strato di terreno di uno spessore tale da ricoprire appena la ramaglia stessa (circa 1 cm - la ramaglia deve risultare visibile)
8. per evitare lo scalzamento del piede, la base della sponda può essere rinforzata e armata mediante la realizzazione di una fascinata viva o morta o di una fila di tronchi o di massi eventualmente legati con fune d'acciaio, fissata a morsetti serrafune. Vengono ulteriormente infisse barre in acciaio disposte alternativamente davanti ai massi e a contatto con le funi. Viene in tal modo assicurata anche l'elasticità della difesa spondale.

Raccomandazioni

* sono auspicabili operazioni di manutenzione mediante taglio scalare dei salici, nel tempo e nello spazio

Limiti di applicabilità

Corsi d'acqua con velocità della corrente e trasporto solido notevoli

Vantaggi

Immediata protezione dall'erosione meccanica e successivo consolidamento in profondità mediante un fitto reticolo di radici con vegetazione cespugliosa rigogliosa elastica e duratura

Svantaggi

Il materiale vivo da impiegare è molto e richiede tempi lunghi per la posa in opera.
Nel tempo è necessaria la manutenzione con tagli di potatura e sfoltimento per evitare una crescita irregolare delle piante.
Tendenza alla formazione di fitocenosi monospecifiche di salice

Effetto

Gli strati di ramaglia coprono la superficie della sponda proteggendola, sin dalla messa in opera, dall'erosione esercitata dal movimento dell'acqua; la resistenza alle sollecitazioni aumenta progressivamente con lo sviluppo delle radici.

Periodo di intervento

Periodo di riposo vegetativo

Possibili errori

- la ramaglia non viene ben assicurata al terreno con filo di ferro o paletti trasversali
- la ramaglia viene ricoperta con poco terreno o affatto, restando eccessivamente esposta all'aria risultando in tal modo soggetta a disseccamento per vento e insolazione. Al contrario la ramaglia viene seppellita con uno strato eccessivo di terra.
- scelta errata del periodo per la posa di materiale vegetale vivo.
- La base delle ramaglie non viene inserita nel terreno al piede della sponda con conseguente disseccamento.

Copertura diffusa con ramaglia viva	15

Voce di Capitolato

2.8 Copertura diffusa con ramaglia viva

a) normale

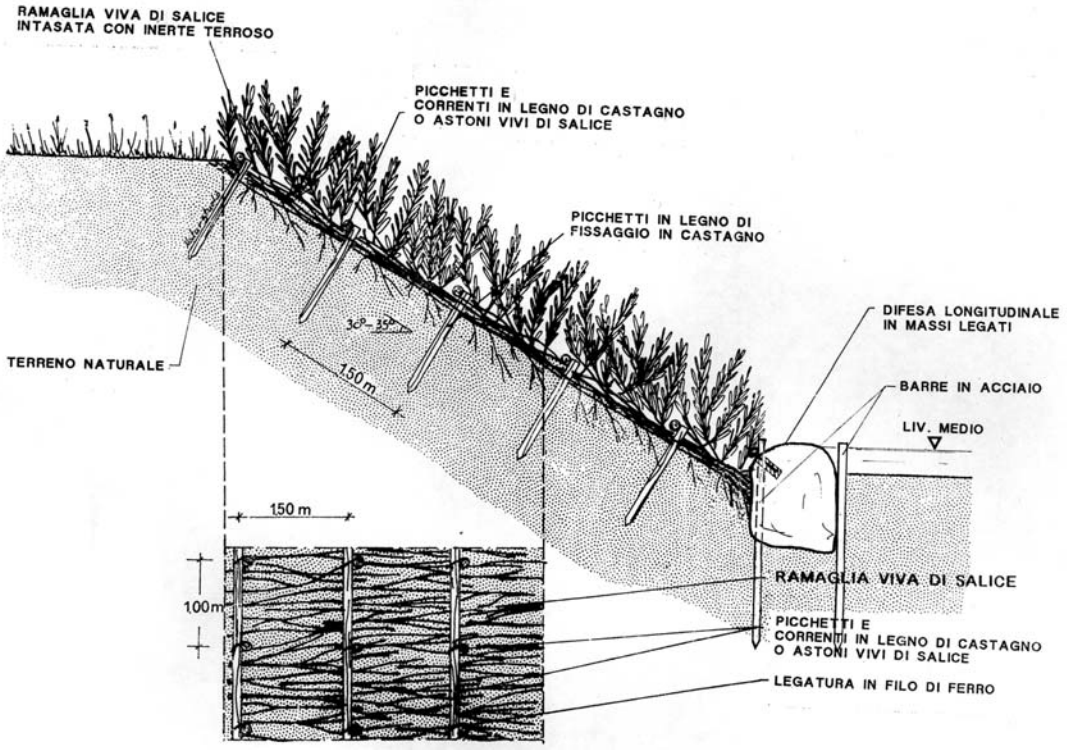
b) armata

Rivestimento di sponda, precedentemente rimodellata mediante copertura con ramaglia viva con capacità di propagazione vegetativa (Salici, Tamerici) con densità di 20-50 verghe o rami per metro, di lunghezza minima di 150 cm, disposte perpendicolarmente alla corrente, previa posa di paletti di castagno infissi per almeno 60 cm e sporgenti per 20 cm a file distanti 1 m e con interasse da 1 a 3 m a seconda della pressione idraulica. La parte inferiore dei rami dovrà essere conficcata nel terreno o nel fondo e lo strato inferiore dovrà coprire lo strato superiore con sormonto di almeno 30 cm.

La ramaglia verrà fissata ai paletti tramite filo di ferro o correnti in legno, astoni vivi, fascine vive e ricoperta con un sottile strato di terreno vegetale. La base della sponda così ricoperta verrà consolidata con una fascina viva o morta o con una fila di tronchi o con blocchi di pietrame eventualmente collocati in un fosso preventivamente realizzato. Tali blocchi (di dimensioni minime di 0,2 m^3) potranno venir collegati con una fune di acciaio (variante "armata") fissata a pali di legno o di ferro, onde consentire una maggior protezione al piede, pur conservando una certa elasticità. Il periodo migliore di esecuzione è il tardo autunno.

Copertura diffusa con ramaglia viva	15

Sezione Tipo



Vista prospettica

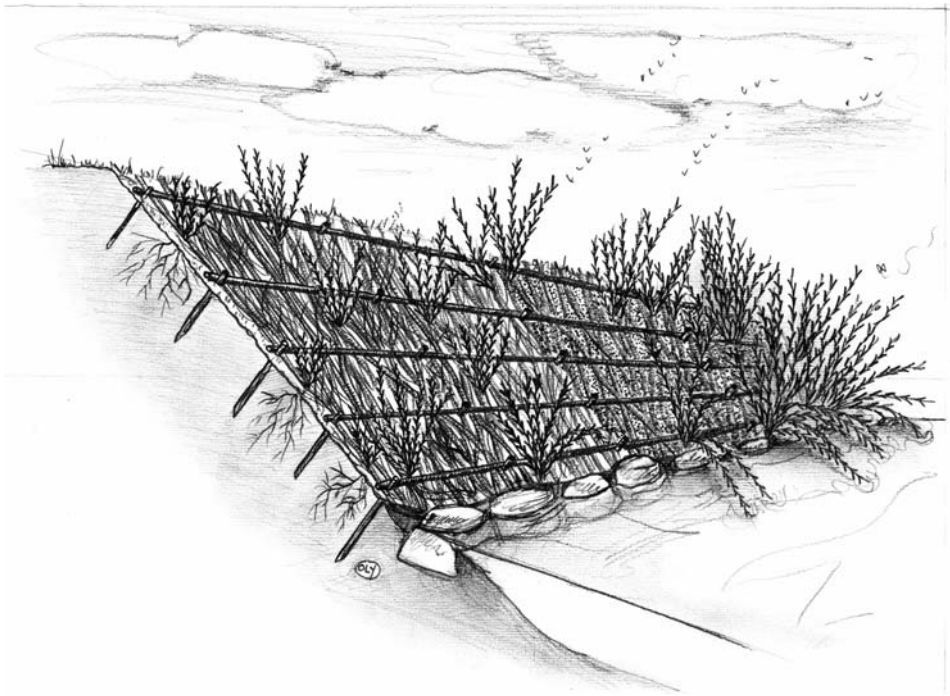


Foto R. Ferrari

Foto 36 - Copertura diffusa sulle sponde di una roggia. A fine lavori.
Golena F. Tagliamento (UD)

Foto R. Ferrari

Foto 37 - Copertura diffusa sulle sponde di una roggia. Alcuni mesi dopo.
Golena F. Tagliamento (UD)

Foto G. Sauli

Foto 38 - Copertura diffusa: consolidamento al piede con pali.
F. Wien (Austria)

Foto G. Sauli

Foto 39 - Copertura diffusa: consolidamento al piede con massi.
F. Fella (UD)

Copertura diffusa con culmi di canna	16

SINONIMI

Descrizione sintetica

Stesura sulla superficie di sponda di culmi vivi di canne palustri. I culmi hanno disposizione perpendicolare alla direzione del flusso d'acqua e sono fissati al substrato mediante filo di ferro teso tra file di picchetti e paletti vivi o morti. I culmi dovranno essere leggermente ricoperti con uno strato di terreno.

Campi di applicazione

Sponde lacustri o di corsi d'acqua con bassissime velocità di corrente e trasporto solido ø < 1 cm.

Materiali impiegati

- Culmi di canne palustri (*Phragmites australis*)
- Picchetti in legno ø 6 - 8 cm, L = 80 cm
- Filo di ferro cotto ø 2-3 mm
- Terreno per la copertura

Modalità di esecuzione

1. rimodellamento e regolarizzazione della superficie di sponda
2. battitura dei picchetti per una profondità di almeno 30 cm. I picchetti andranno posizionati secondo file parallele alla direzione dell'acqua e dovranno avere un'interasse variabile di 0,5-1 m. Le risultanti file parallele dei picchetti, perpendicolari al corso d'acqua, avranno un'interasse di 0,5 m
3. stesura dei culmi in modo continuo e con la parte basale inserita in un solco ricavato sotto il livello medio dell'acqua, fino a rivestire la superficie della sponda a contatto con l'acqua.
4. lo strato di culmi verrà ancorato al terreno sottostante con filo di ferro fissato ai paletti
5. ricopertura dei culmi con uno strato di terreno di uno spessore di circa 1 cm

Copertura diffusa con culmi di canna	16

Raccomandazioni

* Dato che si lavora in presenza di acque stagnanti o debolmente correnti non è necessario un consolidamento al piede. In caso di necessità ciò può essere fatto con pietrame o con fascine morte.

Limiti di applicabilità

La propagazione delle canne mediante i culmi è limitata al periodo primaverile (marzo - maggio) ed è possibile solo in sponde con acque stagnanti o debolmente correnti.

Vantaggi

Intervento economico, facile reperimento in loco del materiale vivo necessario. Facilità di realizzazione. L'effetto è immediato, si forma un fitto reticolo di radici e rizomi con buona protezione dello strato superficiale.

Svantaggi

Effetto protettivo esclusivamente superficiale.

Effetto

Si ottiene una rapida copertura e rinaturalizzazione della superficie della sponda

Periodo di intervento

Periodo esclusivo primaverile (fioritura dei meli, da marzo a fine maggio a seconda della località).

Possibili errori

- scelta errata del periodo per la posa di materiale vegetale vivo.
- Applicazione in corpi idrici soggetti a sollecitazioni medie o forti

Copertura diffusa con culmi di canna	16

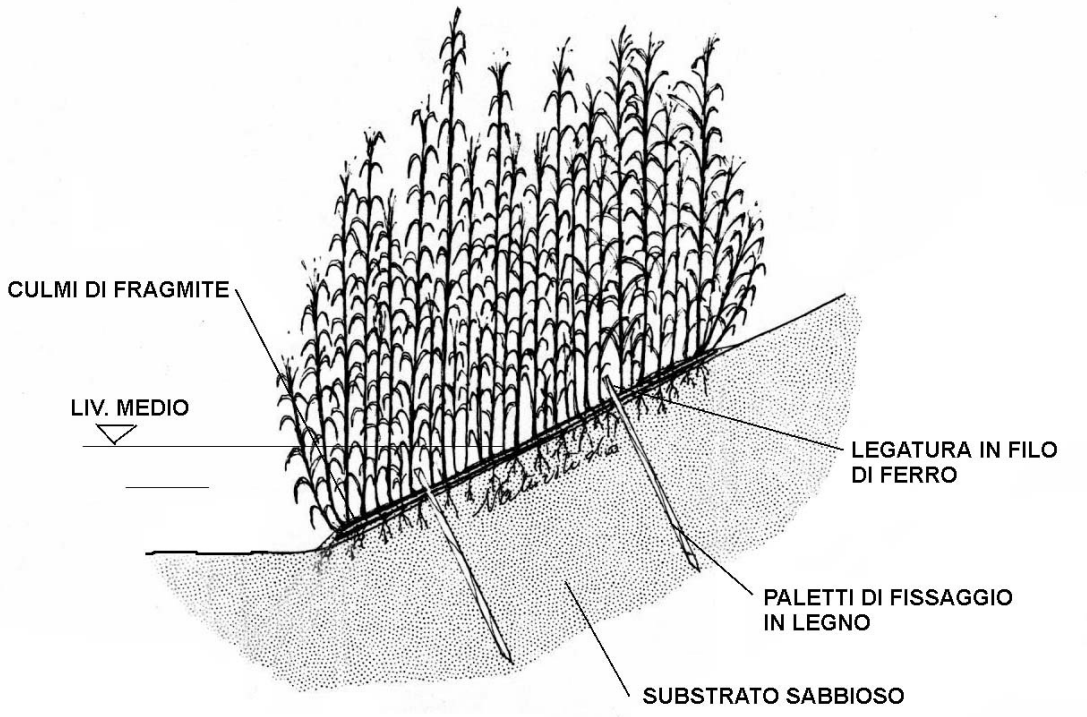
Voce di Capitolato

2.9 Copertura diffusa con culmi di canna

Rivestimento di sponda, precedentemente modellata, in condizioni di bassa pendenza e velocità dell'acqua, con culmi di canna (essenzialmente viene impiegata *Phragmites australis*) in numero di 30-60 culmi per metro, di lunghezza da 80 a 170 cm, disposti perpendicolarmente alla corrente, con la parte inferiore a contatto con l'acqua (10-15 cm sotto il livello medio). Il fissaggio avverrà mediante paletti e filo di ferro in analogia al punto precedente.

La messa in opera potrà avvenire preferibilmente quando i giovani culmi avranno raggiunto la citata dimensione, di solito da marzo a fine maggio.

Sezione Tipo



Viminata viva spondale	17

SINONIMI	

Descrizione sintetica

Intreccio di verghe di specie legnose con capacità di propagazione vegetativa, attorno a paletti in legno.

Campi di applicazione

Sponde di corsi d'acqua a velocità della corrente medio- bassa e trasporto solido ridotto.

Materiali impiegati

- verghe elastiche di specie legnose, adatte all'intreccio e con capacità di propagazione vegetativa (salici, tamerici), L min. 1,50 m e ø alla base non inferiore ai 3 – 4 cm
- paletti in legno di resinosa o castagno ø 8 ÷15 cm L = 1,00 ÷ 1,50 m
- filo di ferro cotto

Modalità di esecuzione

1. Infissione dei paletti in legno a reggere la sponda, in modo tale che rimangano fuori terra circa 50 cm, e con interasse massimo di 1,00 m
2. intreccio, attorno ai paletti, di verghe elastiche di specie con capacità di propagazione vegetativa
3. legatura delle verghe ai paletti mediante filo di ferro
4. rincalzo del terreno a monte della viminata per riempire eventuali vuoti.

Viminata viva spondale	17

Raccomandazioni

* le verghe avranno la base infissa nel terreno e orientata a monte
* le viminate generalmente hanno orientazione parallela a quella della direzione di flusso

Limiti di applicabilità

Non utilizzabile in corsi d'acqua ad elevata energia

Vantaggi

Rapida stabilizzazione di piedi di sponda in erosione sino a 50 cm di altezza; immediato contenimento del materiale; tecnica adattabile alla morfologia della scarpata.

Svantaggi

Lavoro che richiede notevole mano d'opera; non sempre sono reperibili verghe lunghe ed elastiche da intrecciare in quantità sufficiente; la radicazione è modesta rispetto alle quantità di materiale utilizzato.

Effetto

Consolidamento immediato degli strati superficiali di terreno, che migliora quando le verghe emettono radici. Il piede della sponda viene protetto da erosioni e scalzamenti.

Periodo di intervento

Durante il periodo di riposo vegetativo.

Possibili errori

- riporto di quantità insufficiente di terreno a tergo della viminata
- errore di valutazione del livello medio dell'acqua che determina la morte del materiale vegetale impiegato se sommerso per periodi eccessivamente lunghi
- scelta errata del periodo per la posa di materiale vegetale vivo

Voce di Capitolato

2.11 Viminata viva spondale

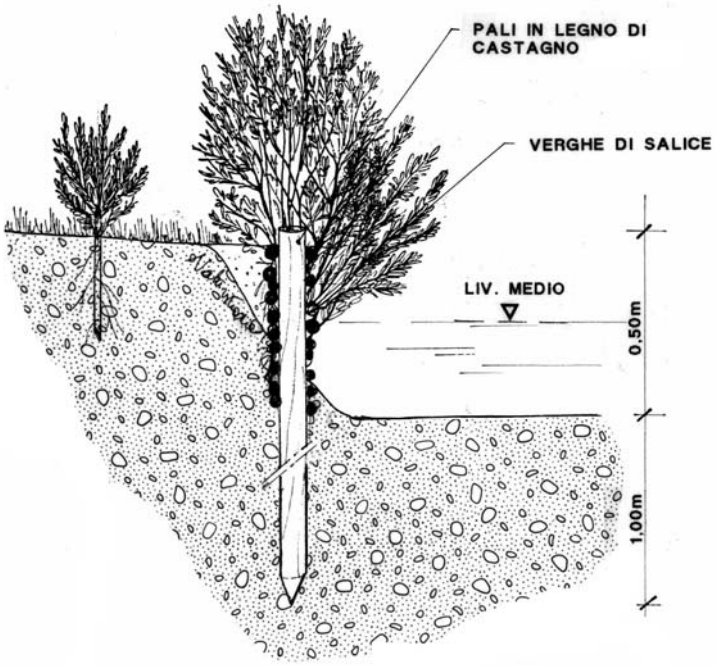
Stabilizzazione di sponda mediante viminata formata da paletti di legno (resinosa, castagno) di ø 8÷15 cm, di lunghezza 100÷150 cm infissi a reggere la sponda per una altezza fuori terra di circa 50 cm, posti alla distanza massima di 1 m uno dall'altro, collegati da verghe di salice vivo o altra specie legnosa con capacità di propagazione vegetativa, di almeno 150 cm di lunghezza, intrecciate sui paletti e legate con filo di ferro. Il contatto con il terreno spondale consente il migliore attecchimento e radicazione delle piante.

Le viminate spondali verranno utilizzate su sponde di piccoli corsi d'acqua per creare dei piccoli terrazzamenti o sostegni spondali in genere ad una sola fila parallela alla direzione del flusso e con la parte interrata e più grossa delle verghe a monte e l'intreccio a valle.

La messa in opera può avvenire solo durante il periodo di riposo vegetativo.

Viminata viva spondale	17

Sezione Tipo



Vista prospettica

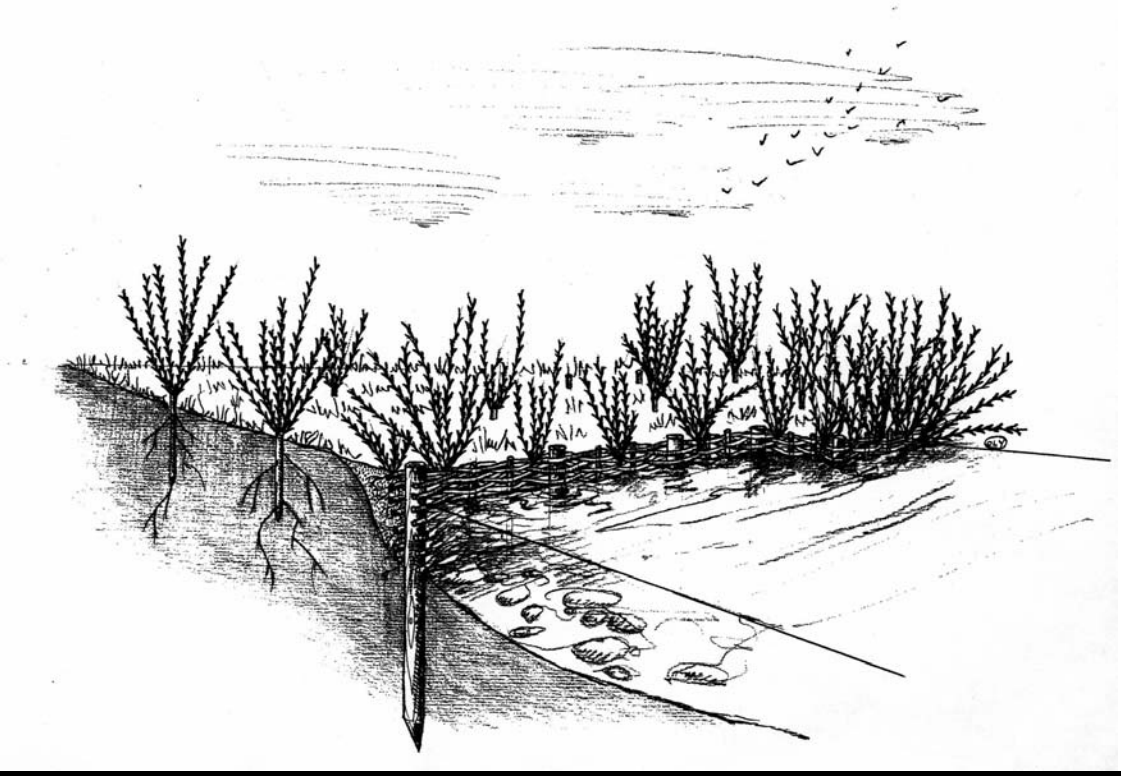


Foto G. Sauli

Foto 40 - Viminata viva spondale con funzione di stabilizzazione del piede.
Roggia dei Molini. Gemona del Friuli (UD)

Foto F. Ferrari

Foto 41 - Viminata viva con funzione stabilizzante della superficie di sponda.
Roggia dei Molini. Gemona del Friuli (UD)

Fascinata spondale viva di specie legnose	18

SINONIMI

Descrizione sintetica

Messa a dimora, lungo sponde di corsi d'acqua, di fascine vive di specie legnose con capacità di riproduzione vegetativa. La base del solco che ospita la fascina può essere rivestita da ramaglia che sporge nell'acqua al di sotto della fascina stessa. La fascina viene assicurata mediante l'infissione di picchetti in legno con orientazione alternata, per rendere così la struttura più elastica e solidale in caso di piena.

Campi di applicazione

Corsi d'acqua a energia media con portate e livello medio relativamente costanti.

Materiali impiegati

- verghe di specie legnose con capacità di propagazione vegetativa (salici, tamerici) ø min. 2 cm e L min. 2,00 m
- pali di salice vivi ø 4÷10 cm, L= 60÷100 cm e/o paletti di legno ø 5 cm, picchetti in ferro ø 8 ÷ 14 mm L min. 60 cm
- filo di ferro cotto ø 2 ÷ 3 mm
- terreno di riporto

Modalità di esecuzione

1. recupero di verghe di specie legnose con capacità di propagazione vegetativa (salici, tamerici) ø min. 2 cm e loro assemblaggio (preferibilmente su cavalletti); la posa delle verghe dovrà avvenire in modo tale da garantire una disposizione equamente alternata degli apici e delle basi fino a formare fascine di ø 20 ÷ 50 cm e lunghezza 2,00 ÷ 3,00 m; infine legatura con filo di ferro cotto ø 2 ÷ 3 mm ad intervalli di circa 30 cm.
2. formazione di un solco poco profondo (20 ÷ 40 cm) e posa delle fascine in modo tale che 1/2-2/3 delle stesse vengano a trovarsi nel terreno o in acqua, all'altezza del livello di portata media ed abbiano le estremità compenetranti con le adiacenti
3. fissaggio della fascina con pali di salice vivi (o morti) o con barre di acciaio passanti attraverso la fascina stessa e posti ad una distanza l'uno dall'altro di 0,80 ÷ 1,00 m e orientati alternativamente verso monte e verso valle rispetto alla fascina.
4. Ricoprimento delle fascine con uno strato di terreno tale da lasciare sporgere solo brevi segmenti di rami.

Fascinata spondale viva di specie legnose	18

Raccomandazioni

- a protezione della fascina contro lo scalzamento in caso di piena, può venir posta al di sotto della fascina ramaglia di salice a formare una gradonata, sporgente verso l'acqua di 20 ÷ 50 cm
- le estremità delle fascine devono compenetrarsi l'una con l'altra

Limiti di applicabilità

La realizzazione di fascine spondali determina un restringimento dell'alveo, è necessario quindi prevedere lo spazio necessario per il regolare deflusso delle acque.

Vantaggi

Tecnica di realizzazione semplice e veloce di notevole efficacia stabilizzante

Svantaggi

In caso di totale attecchimento è necessario intervenire con manutenzioni di potatura periodiche.

Effetto

Stabilizzazione immediata della sponda, effetto amplificato successivamente, non appena le piante hanno emesso le radici

Periodo di intervento

Periodo di riposo vegetativo.

Possibili errori

- errato posizionamento rispetto al livello medio dell'acqua
- eccessivo ricoprimento
- ancoraggi insufficienti e/o non sfalsati
- scelta errata del periodo per la posa di materiale vegetale vivo

Voce di Capitolato

2.14 Fascinata spondale viva di specie legnose

a) Fascinata spondale viva di specie legnose
b) Rinforzata con massi.

Protezione del piede di sponda con fascinata viva in corsi d'acqua con portata relativamente costante e il cui livello medio permetta che la fascina si trovi fuori dall'acqua per almeno tre mesi durante il periodo di vegetazione.

Le fascine saranno costituite da rami vivi di specie legnose adatte alla riproduzione vegetativa (salici, tamerici,) mescolati ad altre specie, avranno un ø da 20 a 50 cm legate con intervalli di 30 cm con filo di ferro cotto di 2 - 3 mm, e verranno poste in modo da sporgere per 1/2 ÷ 1/3 , in un fossatello predisposto al piede della sponda, su uno strato di rami che sporgeranno per almeno 50 cm da sotto la fascina fuori dall'acqua.

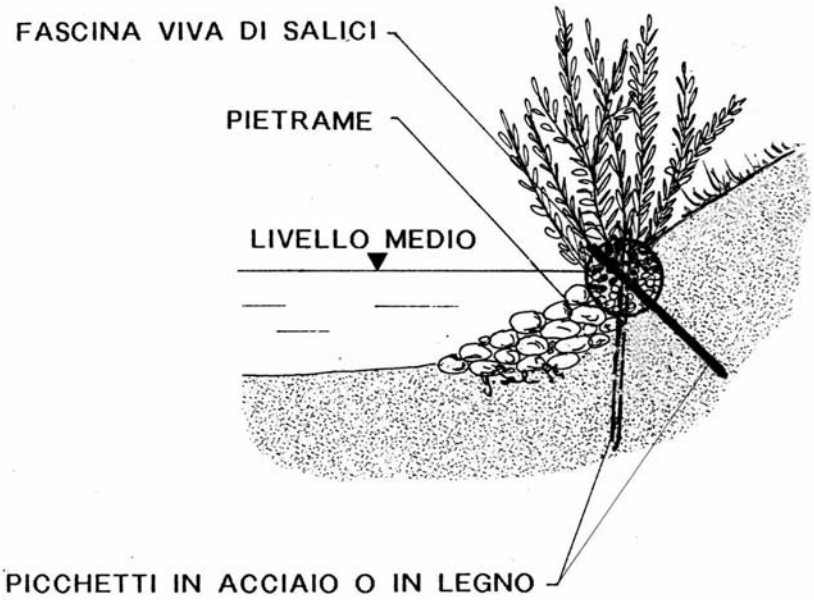
Le fascine verranno fissate ogni 0,8 ÷ 1 m con pali di salice vivi o con barre in ferro e dovranno essere rincalzate con terreno per garantire la crescita delle piante.

La messa in opera potrà avvenire soltanto durante il periodo di riposo vegetativo.

Nella fascinata rinforzata fino all'altezza della portata di magra l'alveo viene rivestito con massi di varia dimensione a rinforzo basale della parte sommersa.

Fascinata spondale viva di specie legnose	18

Sezione Tipo



Vista prospettica

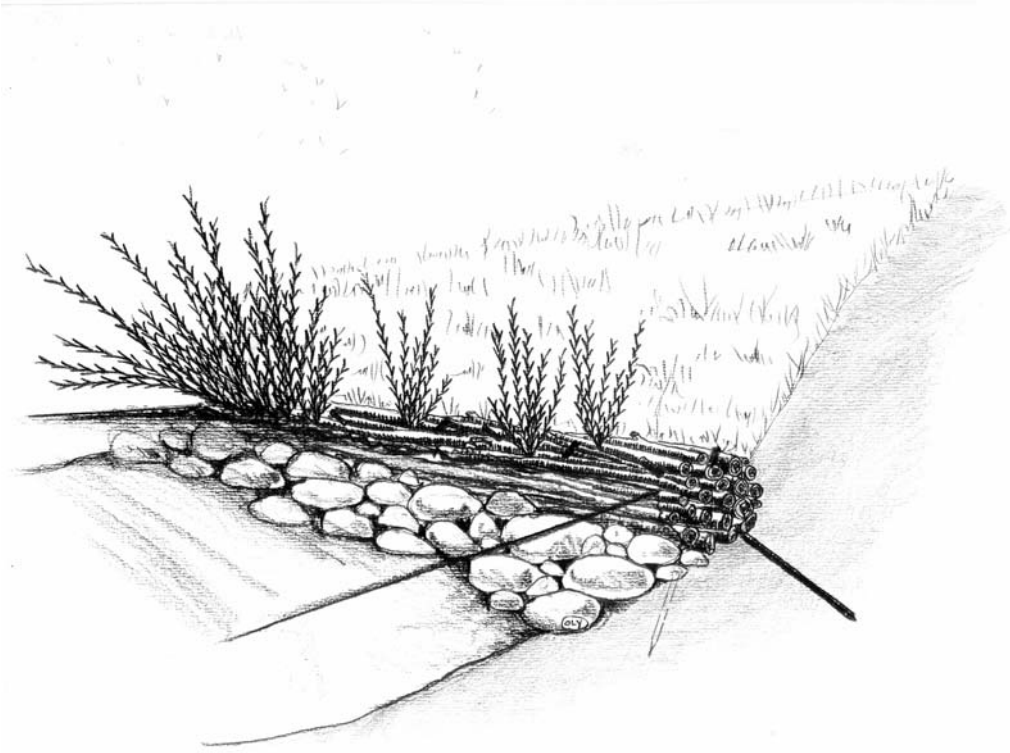


Foto P. Prosperi

Foto 42 - Fascinata viva spondale.
Rio Inferno. Cassino (FR)

Foto G. Sauli

Foto 43 - Fascinata viva spondale.
F. Wien (Austria)

Foto C. Loss

Foto 44 - Fascine vive di tamerici.
F. Natissa. Aquileia (UD)

Foto G. Sauli

Foto 45 - Fascine vive di tamerici. Dopo alcuni mesi.
F. Natissa. Aquileia (UD)

Foto P. Cornelini

Foto 46 - Palizzata spondale con fascine di tamerici.
Oasi WWF di Macchia Grande (Roma)

Fascinata sommersa	19

SINONIMI	Fascina morta

Descrizione sintetica

Posa, lungo sponde di corsi d'acqua, di fascine morte di specie legnose, disposte longitudinalmente sulla sponda al di sotto del livello medio dell'acqua.

Campi di applicazione

Corsi d'acqua con portate e livello medio relativamente costanti a energia media.
Usualmente questa tipologia non viene applicata quale unica soluzione di intervento, ma abbinata ad altre tecniche che prevedono l'impiego di materiale vivo. La fascinata morta risulta pertanto un ulteriore protezione di base per altre tecniche di ingegneria naturalistica.

Materiali impiegati

- verghe morte di specie legnose ø min.2 cm e L min. 2,00 m
- filo di ferro ø min. 2 ÷ 3 mm
- paletti in legno ø 4 ÷ 10 cm, L = 60 ÷ 100 cm o picchetti in ferro ø 8 ÷ 14 mm L variabile a seconda del substrato
- pietrame

Modalità di esecuzione

1. recupero di verghe di specie legnose non idonee a riproduzione vegetativa ø min. 2 cm e loro assemblaggio; la posa delle verghe dovrà avvenire in modo tale da garantire una disposizione equamente alternata degli apici e delle basi fino a formare fascine di ø 30 ÷ 60 cm e lunghezza 3,00 ÷ 4,00 m; posa di pietrame al centro e legatura con filo di ferro ø 2 ÷ 3 mm ad intervalli di circa 30 cm.
2. posa delle fascine in un solco appositamente scavato al di sotto del livello medio dell'acqua e con le estremità compenetranti
3. fissaggio delle fascine con paletti in legno o picchetti passanti attraverso la fascina stessa e posti ad una distanza l'uno dall'altro di 0,60 ÷ 1,00 m che saranno orientati alternativamente verso monte e verso valle rispetto alla fascina.
4. Lunghezze superiori ai 4,00 m possono essere ottenute montando "in continuo" le verghe.

Fascinata sommersa	19

Raccomandazioni

- l'aggiunta di pietrame entro la fascina consente di appesantire la struttura che tra l'altro tende a galleggiare

Limiti di applicabilità

Non utilizzabile in corsi d'acqua a velocità dell'acqua e trasporto solido elevati.

Vantaggi

Impiego limitato di materiale e protezione immediata del piede della sponda in poco spazio. Eseguibile in qualsiasi momento dell'anno.

Svantaggi

Viene impiegato solo materiale morto ed ha validità se abbinata ad altre tecniche con materiale vivo

Effetto

Protezione immediata del piede della sponda dall'erosione. La fascina morta funge da riparo per piccoli animali acquatici.

Periodo di intervento

Tutto l'anno

Possibili errori

- insufficienti ancoraggi.

Voce di Capitolato

2.15 Fascinata sommersa

Protezione del piede della sponda mediante una fascina costituita da legname morto di specie arbustive, appesantita al centro con ghiaia o pietrisco di ø 0.3 ÷ 0.6 m costruita in posto e legata con filo di ferro ø minimo 3 mm, nastro metallico o tessuto sintetico, fissata con pali di legno o tondini metallici di lunghezza variabile a seconda del substrato.

La tecnica, adatta per protezione di sponda nel tratto normalmente sommerso dal livello medio, va di solito abbinata con strati di ramaglia e fascine spondali vive nella parte a contatto e fuori acqua.

Fascinata sommersa	19

Sezione Tipo

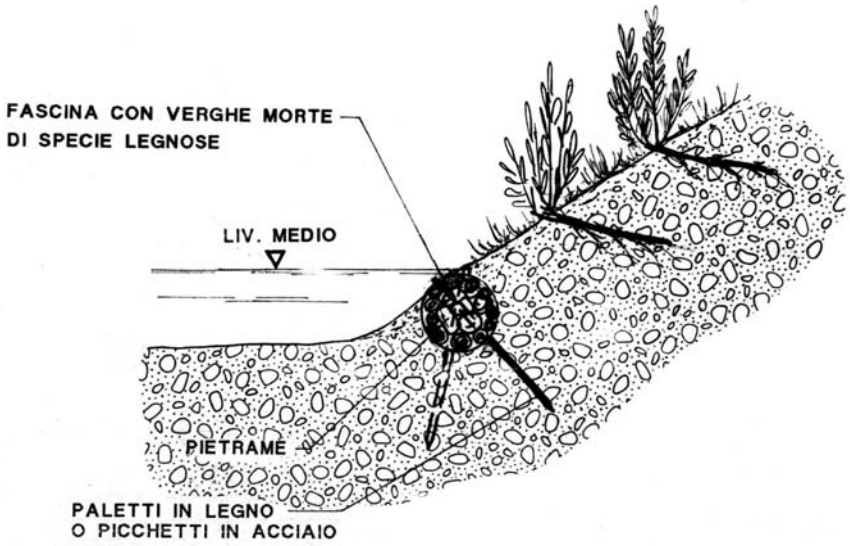


Foto G. Sauli

Foto 47 - Fascinata morta
Figino. Canton Ticino (Svizzera)

Fascinata spondale viva con culmi di canna	20

SINONIMI

Descrizione sintetica

Fascine di giovani culmi di canna (*Phragmites australis*) disposte a file parallele e infossate nel limo di sponde a bassa pendenza.

Campi di applicazione

Sponde di neoformazione a bassa pendenza, su substrati limoso-sabbiosi. Sponde lacustri, zone lagunari, sponde di corpi idrici ad acqua stagnante, soggetta a moto ondoso di lieve entità.

Materiali impiegati

- giovani culmi di canna (*Phragmites australis*) L = 80 ÷ 120 cm
- filo di ferro ø 2 ÷ 3 mm
- picchetti in legno ø 8 - 12 cm, L = 80 cm

Modalità di esecuzione

1. Recupero dal selvatico di giovani culmi di canna della lunghezza minima di 80 cm e loro disposizione a formare un fascio di ø min. 10 cm, che viene legato e tenuto assieme da filo di ferro.
2. posa delle fascine in solchi ricavati lungo la linea di sponda, in modo tale che 1/3 - 2/3 del diametro delle stesse risulti essere posto entro il solco, a partire dal livello medio dell'acqua, facendo sì che le estremità delle fascine si compenetrino le une con le altre.
3. fissaggio al substrato mediante picchetti di legno.

Fascinata spondale viva con culmi di canna	20

Raccomandazioni

* dato l'esiguo diametro di una singola fila di fascine, è consigliabile disporre più file parallele dal livello medio dell'acqua a risalire lungo la sponda.

Limiti di applicabilità

La propagazione delle canne mediante i culmi è limitata al periodo primaverile (marzo - maggio) ed è possibile solo in sponde con acque stagnanti o debolmente correnti

Vantaggi

Intervento economico, facile reperimento in loco del materiale vivo necessario. Facilità di realizzazione. L'effetto è immediato, si forma un fitto reticolo di radici e rizomi con buona protezione del cingolo spondale a contatto con l'acqua.

Svantaggi

Effetto protettivo esclusivamente superficiale.

Effetto

Si ottiene un rapido consolidamento del piede di sponda e la costituzione della fascia di canneto spondale

Periodo di intervento

Periodo esclusivo primaverile (fioritura dei meli, da marzo a fine maggio a seconda della località).

Possibili errori

- scelta errata del periodo per la posa di materiale vegetale vivo.
- Applicazione in corpi idrici soggetti a sollecitazioni medie o forti

Voce di Capitolato

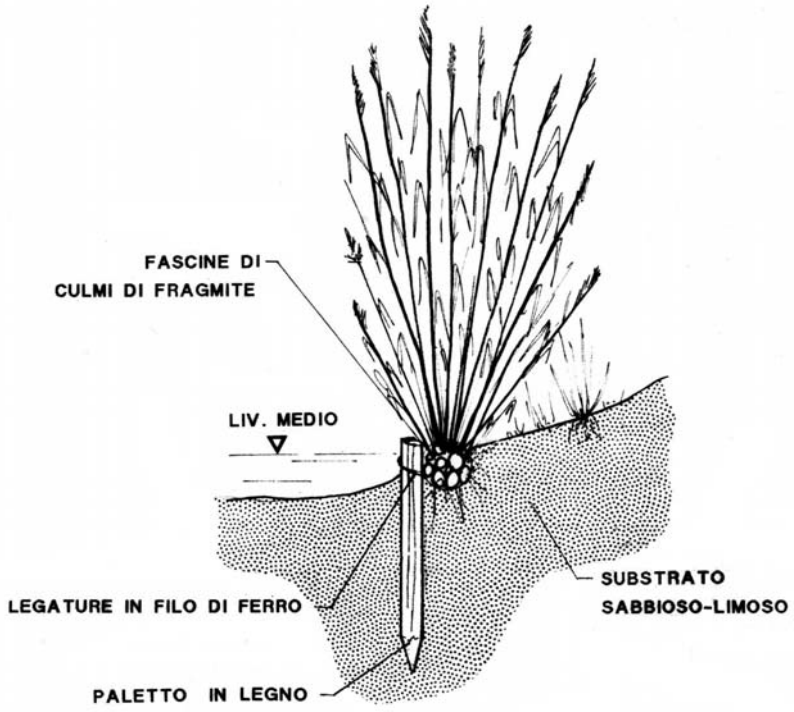
2.16 Fascinata spondale viva con culmi di canna

Stabilizzazione di sponda di neoformazione da dragaggi a bassa pendenza su substrati limoso-sabbiosi in aree lagunari o stagnanti o soggette a moto ondoso di lieve entità mediante fascine di culmi di canna (*Phragmites australis*) di 80 ÷ 120 cm di lunghezza e di ø di circa 10 cm legate con filo di ferro e fissate al substrato con picchetti di legno o di ferro di 0.6 ÷ 1 m, infossate nel limo per circa 1/3 - 2/3 del diametro, disposte lungo la linea di battigia.

La messa in opera potrà avvenire preferibilmente quando i giovani culmi avranno raggiunto la citata dimensione, di solito da marzo a fine maggio.

Fascinata spondale viva con culmi di canna	20

Sezione Tipo



Fascinata spondale viva con culmi di canna	20

Foto R. Ferrari

Foto 48 - Fascinate spondali con culmi di Canna di palude.
Valle delle Noghere (TS)

Graticciata di ramaglia	21

SINONIMI

Descrizione sintetica

Tecnica impiegata per la ricostituzione di linee di sponda soggette a erosione. Con una fila di paletti in legno viene ricostruita la linea di sponda originaria e alle loro spalle vengono posti materiali di riempimento quali ramaglia, alberi morti, pietrame e quindi vengono messi a dimora rami vivi di salice, passanti attraverso la struttura così formata e ben infissi sul fondo, in modo tale da garantirne l'attecchimento.

Campi di applicazione

Risanamento di anse in erosione, scalzamenti, anche per fiumi con velocità dell'acqua medio - alta e trasporto solido medio. E' possibile operare fino a profondità di 3 m (normalmente 0,50 – 1 m)

Materiali impiegati

- Piloti o pali in legno ø 5 - 10 cm (o più), L = variabile, ma tale che i 2/3 siano infissi nel terreno
- Filo di ferro cotto ø 2 ÷ 3 mm
- Ramaglia viva e morta, alberi grezzi con tutte le ramificazioni
- Pietrame

Modalità di esecuzione

1. Infissione lungo la linea di sponda progettata di una fila di paletti, posti ad una distanza variabile l'uno dall'altro di 1,00 - 2,00 m
2. Posa di ramaglia morta fino al raggiungimento del livello medio dell'acqua e in quantità tale da ricoprire tutta l'area interessata
3. Formazione di strati di spessore 20 - 30 cm di ramaglia viva e pietrame alternati
4. Fissaggio della ramaglia con filo di ferro legato a paletti infissi attraverso gli strati della ramaglia stessa
5. Infissione sul fondo di rami vivi di salice attraverso gli strati di ramaglia e pietrame
6. Qualora l'area di intervento sia troppo estesa, è possibile intervenire mediante la realizzazione di una graticciata nella parte più minacciata dall'erosione (quella iniziale), mentre nella parte più a valle possono essere realizzati pennelli vivi
7. Varianti: ramaglia alternata a fascine fissate al substrato con picchetti; rizomi e culmi di canne su substrato di rulli in reti e pietrame fissati con picchetti

Graticciata di ramaglia	21

Raccomandazioni

- La ramaglia deve superare di poco la fila dei paletti frontali
- Gli strati di ramaglia vengono in genere disposti a 90° l'uno rispetto l'altro
- La parte frontale a maggior contatto con la corrente dell'acqua può essere appesantita con l'inserimento di pietrame
- La lunghezza totale della ramaglia deve essere uguale alla profondità dell'area soggetta a erosione

Limiti di applicabilità

Anse di erosione troppo estese o troppo profonde

Vantaggi

Effetto immediato di protezione spondale dall'erosione.
La ramaglia forma numerose nicchie nelle quali possono insediarsi numerose specie acquatiche

Svantaggi

Aspetto caotico - disordinato nella fase iniziale.
Impiego di grandi quantità di materiali vivi e morti.

Effetto

L'acqua rallenta la sua velocità nell'attraversare la struttura a tal punto da consentire la deposizione del materiale trasportato negli spazi vuoti. Nel frattempo i salici assicurano il consolidamento e il rinverdimento iniziale della sponda ricostituita.

Periodo di intervento

Tutto l'anno per quanto riguarda il materiale di riempimento. I rami vivi dovranno essere inseriti durante il periodo di riposo vegetativo.

Possibili errori

- scelta errata del periodo per la posa di materiale vegetale vivo
- insufficiente ancoraggio della struttura.

Graticciata di ramaglia	21

Voce di Capitolato

2.20 Graticciata di ramaglia

Stabilizzazione e ricostruzione di sponda in erosione mediante:

- infissione di una fila di pali in legno (ogni 1 – 2 m) lungo la linea di sponda che si intende ricostituire;
- deposizione a tergo dei pali di ramaglia morta a strati (o interi alberi sino a 20 cm di diametro) a formare una graticciata con le cime dei rami sporgenti per 50÷80 cm nel fiume e per uno spessore sufficiente ad eguagliare il livello medio dell'acqua;
- infissione di rami vivi di salice attraverso la graticciata sul fondo;
- appesantimento con pietrame o massi o pezzi di calcestruzzo o legatura con filo di ferro di ø 3 mm.

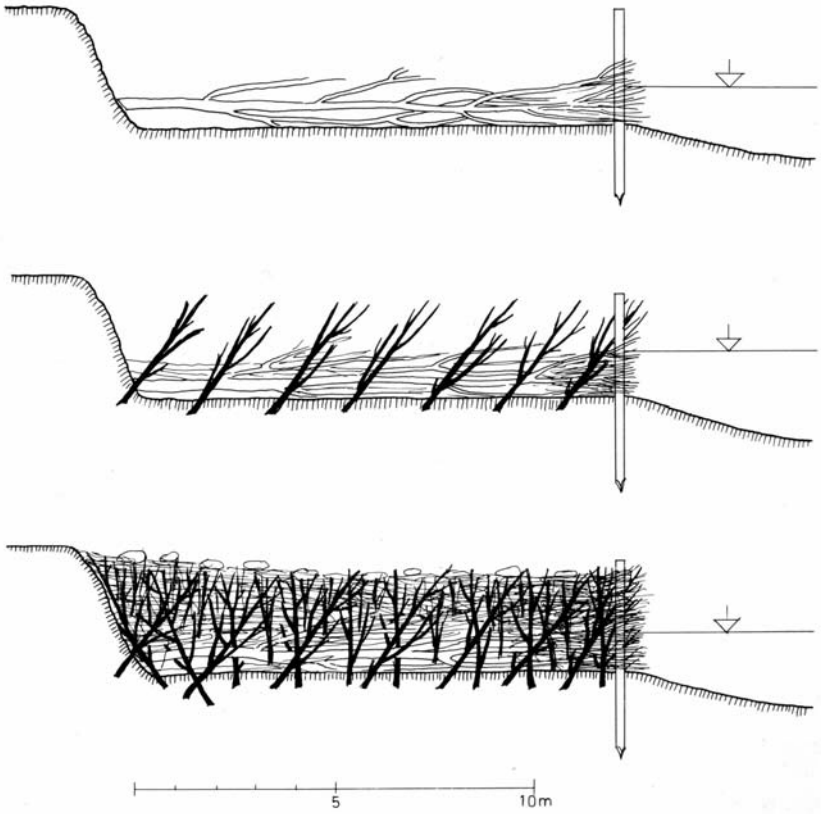
Durante le piene per la perdita di velocità dell'acqua verrà garantita la deposizione di materiale trasportato e l'intasamento graduale della graticciata.

I salici garantiranno a loro volta il rinverdimento iniziale e verranno in seguito sostituiti da altri arbusti.

L'opera andrà eseguita e reintegrata durante il periodo di riposo vegetativo, compatibilmente con il livello dell'acqua.

Graticciata di ramaglia	21

Sezione Tipo



H. M. Schiectl, R. Stern, 1994 - Handbuch für naturnahen Wasserbau. Eine Anleitung für ingenieurbiologische Bauweisen. Österreichischer Agrarverlag

Vista planimetrica

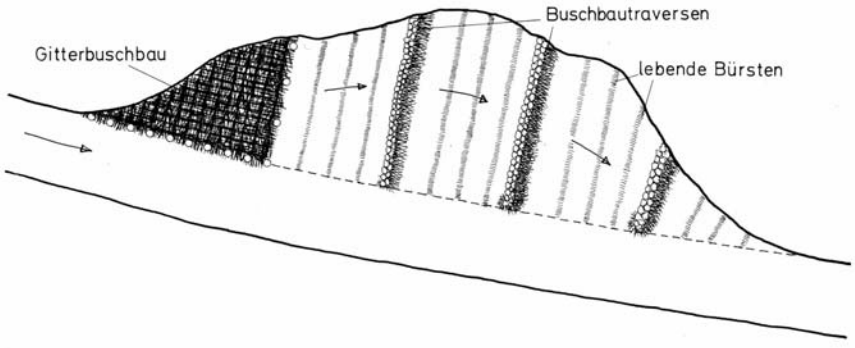


Abb. 28: Lokalisierung von Gitterbuschbauwerk, Buschbautraversen und lebenden Bürsten bei der Sanierung von Uferschäden. Schema o.M.

H. M. Schiectl, R. Stern, 1994 - Handbuch für naturnahen Wasserbau. Eine Anleitung für ingenieurbiologische Bauweisen. Österreichischer Agrarverlag

Ribalta viva	22

SINONIMI

Descrizione sintetica

Strati alterni di fascine vive (fascinate), disposte longitudinalmente alla sponda, e ramaglia viva di salici (gradonate), disposta trasversalmente alla sponda, sopra il livello medio dell'acqua. Tale modulo va ripetuto fino al riempimento dell'erosione e al raggiungimento dell'altezza desiderata. Si completa a tergo delle fascine con riempimento di inerte. Al di sotto del livello medio dell'acqua si pone materiale morto. Le fascine vengono fissate con paletti di legno e ferro, disposti con orientazione alternata.

Campi di applicazione

Solchi ed erosioni lungo sponde di corsi d'acqua. Ripristino di sponde la cui pendenza non può essere ridotta e in corsi d'acqua a energia media.

Materiali impiegati

- Fascine vive di specie con capacità di propagazione vegetativa ø 25 - 30 cm
- Fascine morte ø 60 cm
- Filo di ferro cotto ø 2 ÷ 3 mm
- Talee e ramaglie di specie con capacità di propagazione vegetativa ø 3 – 5 cm
- Picchetti in ferro ø 14 mm e/o picchetti in legno di castagno o di pino scortecciato ø 5 - 10 cm, L = 80 - 120 cm
- Pietrame

Modalità di esecuzione

1. Formazione di un solco alla base della sponda.
2. Posa in opera di fascina morta di ø 60 cm e suo fissaggio con 1 picchetto ogni 80 cm a disposizione alternata verso monte e verso valle rispetto alla fascina e riempimento a tergo
3. Posa in opera di ramaglia viva di salice (o tamerici) di lunghezza tale da infiggersi nella sponda
4. Posa in opera di fascine vive ø 25 – 30 cm di salici e loro fissaggio con picchetti
5. Ricopertura con terreno
6. Completamento dell'opera con ripetizione dei moduli (fascinata e gradonata) fino all'altezza progettata e riempimento a tergo con inerte
7. Nel caso di erosione profonda, il piede viene consolidato con massi

Ribalta viva	22

Raccomandazioni

- a protezione della fascina contro lo scalzamento in caso di piena, viene posta al di sotto della fascina ramaglia di salice a formare una gradonata, sporgente verso l'acqua di 20 ÷ 50 cm
- le estremità delle fascine devono compenetrarsi l'una con l'altra

Limiti di applicabilità

La realizzazione di fascine e gradonate spondali determina un restringimento dell'alveo, è necessario quindi prevedere lo spazio necessario per il regolare deflusso delle acque.

Vantaggi

Si riesce a ricostruire tratti di sponda franati senza ricorrere a strutture di sostegno o disporre di inerte da riempimento

Svantaggi

Richiede molto materiale vivo e lunghi tempi di realizzazione. Lo sviluppo dei salici porta ad un restringimento dell'alveo. Si creano troppe turbolenze a causa delle gradonate troppo sporgenti. Si rischia il collasso nel primo periodo perché in realtà vi è un solo strato di rami vivi, il resto è inerte di riempimento che viene legato nel tempo dalla radicazione.

Effetto

Immediata protezione spondale. La ramaglia agisce in modo tale da rallentare la corrente dell'acqua.

Periodo di intervento

Periodo di riposo vegetativo

Possibili errori

- insufficiente ancoraggio.
- Eccessivo strato di inerte a tergo.
- Posa delle talee non nel giusto verso di crescita.
- scelta errata del periodo per la posa di materiale vegetale vivo.

Voce di Capitolato

2.23 Ribalta viva

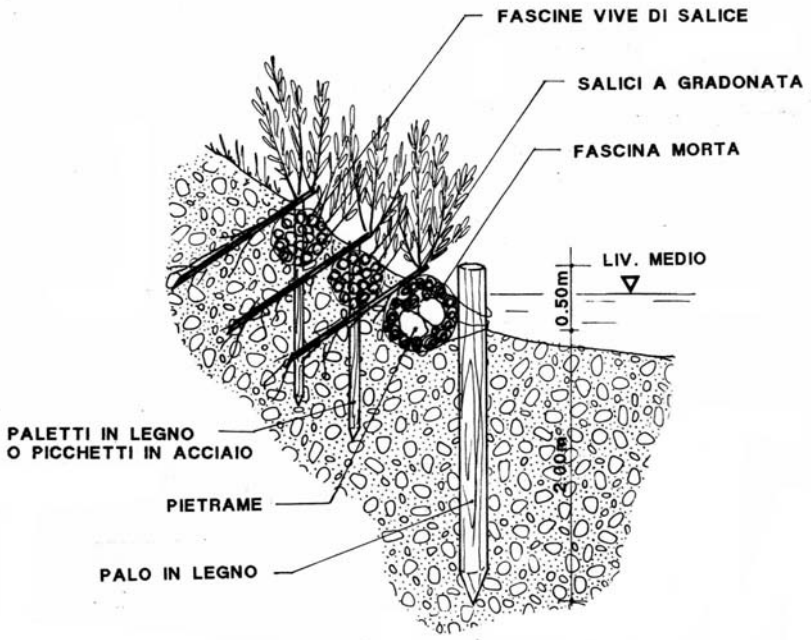
Ricostruzione e stabilizzazione di sponda mediante strati alterni di fascine di ø 25 – 30 cm e ramaglia viva di Salici, Tamerici o altra specie legnosa con capacità di riproduzione vegetativa, disposti perpendicolarmente alla linea di sponda stessa. Il modulo andrà ripetuto sino a riempire l'erosione e raggiungere l'altezza desiderata, completando la costruzione con riempimento con inerte a tergo delle fascine e sopra la ramaglia.

La parte ubicata sotto il livello medio dell'acqua andrà rivestita con massi da scogliera (se del caso basati su geotessuto) o con fascine morte di ø 60 cm. La ramaglia, eventualmente disposta in obliquo rispetto alla corrente, andrà legata con molti punti di legatura e fissata con piloti in funzione della pressione idraulica.

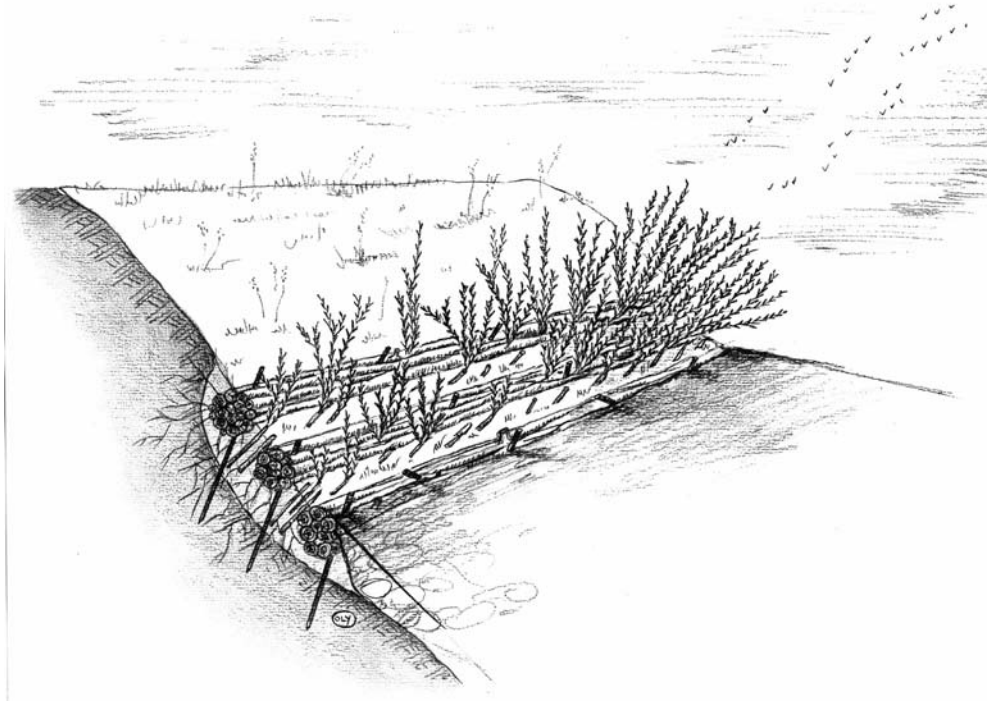
La messa in opera può avvenire solo durante il periodo di riposo vegetativo.

Ribalta viva	22

Sezione Tipo



Vista prospettica



Foto

Foto G. Sauli

Foto 49 - Ribalta viva in fase di costruzione.
Canton Ticino (Svizzera)

Foto R. Ferrari

Foto 50 - Ribalta viva.
Casalecchio di Reno (BO)

Grata viva	23

SINONIMI	

Descrizione sintetica

Struttura in tondame ottenuta mediante la posa di tronchi verticali e orizzontali disposti perpendicolarmente tra loro. I tronchi orizzontali sono sovrapposti a quelli verticali e sono chiodati ad essi. All'interno delle camere così ottenute, vengono poste in corso d'opera, talee di salici e il tutto viene ricoperto con inerte terroso locale.

Campi di applicazione

Sostegno di scarpate artificiali, versanti e parti alte di sponde in erosione con pendenza 40°÷50° che non può essere ridotta, in genere al di sopra del livello di piena.

Materiali impiegati

- Tronchi di castagno o resinosa (escluso l'abete) ø 15 ÷ 25 cm, L = 2,00 ÷ 5,00 m
- picchetti in ferro ø 14 mm, L min. 40 ÷ 100 cm
- talee legnose di salici L min. 1.00 m
- inerte
- sementi idonee
- arbusti autoctoni
- rete elettrosaldata di contenimento dell'inerte tra le camere

Modalità di esecuzione

1. Formazione alla base della scarpata di un solco longitudinale o di una palificata o di una scogliera in massi
2. Posa nel solco di un tronco quale appoggio al piede
3. Posa degli elementi verticali con interasse di circa 1,00 m.
4. Fissaggio degli elementi verticali al substrato con picchetti in ferro
5. Posa degli elementi orizzontali su quelli verticali con interasse 0,40 ÷ 1,00 m (in funzione della pendenza) e chiodatura.
6. Inserimento nelle camere così ottenute delle talee di salice.
7. Riempimento con inerte terroso locale.
8. Semina o idrosemina dell'intera superficie della grata.
9. Messa a dimora di eventuali piantine radicate di arbusti locali.

Grata viva	23

Raccomandazioni

- La grata non deve essere realizzata a contatto diretto con l'acqua
- L'interasse degli elementi orizzontali varia a seconda della pendenza del versante.
- Le altezze massime delle grate vive nel caso delle sponde non superano i 4 - 5 m.
- Le talee dovranno avere una lunghezza tale da raggiungere il terreno retrostante la grata
- A protezione della sommità può essere posto un foglio di carta catramata
- A protezione dei fronti con pendenze elevate e come metodo di contenimento del materiale può essere posta una griglia metallica o una rete metallica a doppia torsione
- Una grata di piccole dimensioni può essere eseguita anche con l'impiego di astoni vivi

Limiti di applicabilità

Dimensioni ed inclinazione della sponda in erosione. Può essere realizzata solo nelle fasce spondali non a contatto con l'acqua.

Vantaggi

Immediata stabilizzazione della sponda. L'effetto di stabilizzazione aumenta una volta che le specie vegetali inserite hanno cominciato a radicare. Le specie vegetali svolgono anche un'azione drenante in quanto assorbono l'acqua necessaria al loro sviluppo.

Svantaggi

Il legno col tempo marcisce, per cui oltre a buone chiodature, è necessario che le talee e le fascine inserite nella struttura siano vive e radichino in profondità, così da sostituire la funzione di sostegno e consolidamento della scarpata, una volta che il legno ha perso le sue funzioni.
Lunghi tempi di realizzazione.

Effetto

Immediata stabilizzazione mediante l'armatura di legno della sponda e quindi possibilità per gli arbusti di svilupparsi. Effetto visuale notevole a breve scadenza.

Periodo di intervento

La messa a dimora di talee e arbusti dovrà avvenire nel periodo di riposo vegetativo

Possibili errori

- scelta errata del periodo per la posa di materiale vegetale vivo.
- i correnti orizzontali vengono posti sotto i verticali, vanificando l'effetto di diminuzione della pendenza di ogni singola cella.
- Mancata o insufficiente chiodatura, uso di cambre al posto dei tondini d'armatura o delle barre filettate

Grata viva	23

Voce di Capitolato

3.1 Grata viva

a) semplice

Sostegno di scarpate, versanti e parti alte di sponde in erosione molto ripidi con substrato compatto (che non deve essere smosso) con grata in tondame di castagno o altra resinosa di ø 15 - 25 cm e lunghezza 2 - 5 m, fondata su un solco di terreno stabile o previa collocazione di un tronco longitudinale di base, con gli elementi verticali distanti 1 - 2 m e quelli orizzontali, chiodati ai primi, distanti da 0,40 a 1,00 m a seconda dell'inclinazione del pendio (in genere si lavora su pendenze di 45° ÷ 55°); fissaggio della grata al substrato mediante picchetti di legno di ø 8-10 cm e lunghezza 1 m, o di ferro di dimensioni idonee per sostenere la struttura; riempimento con inerte terroso locale alternato a talee e ramaglia disposta a strati, in appoggio alle aste orizzontali con eventuale supporto di una griglia metallica per un miglior trattenimento del terreno. L'intera superficie verrà anche seminata e in genere piantata con arbusti autoctoni.

La grata spondale è in genere del tipo semplice mentre sui versanti può in certi casi essere realizzata in doppio strato a seconda della profondità e forma dello scoscendimento. La radicazione delle piante si sostituirà nel tempo alla funzione di consolidamento della struttura in legname.

L'altezza massima possibile per le grate vive spondali non supera in genere i 4 - 5 m.

Sezione Tipo

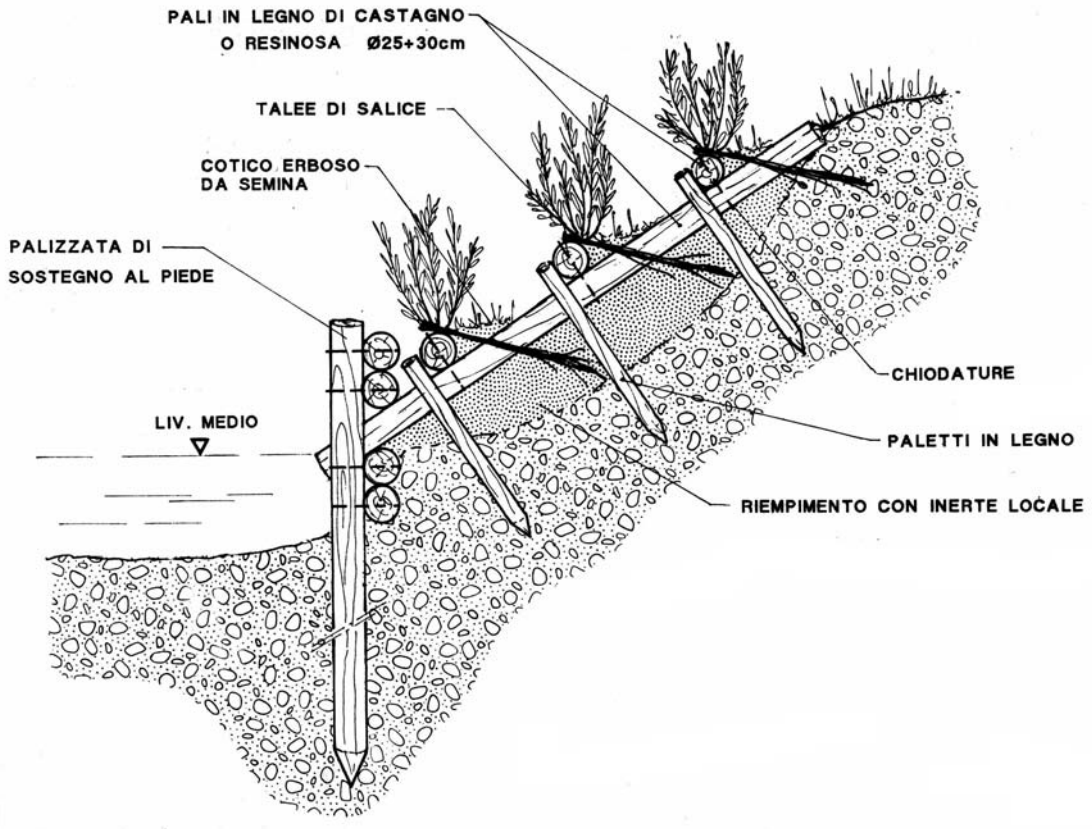


Foto G. Sauli

Foto 51 - Grata viva spondale.
Canale di bonifica. Delta del Po (RO)

Foto G. Sauli

Foto 52 - Grata viva spondale.
Canale di bonifica. Delta del Po (RO)

Foto P. Cornelini

Foto 53 - Grata viva con arbusti mediterranei.
Punta Ala (GR)

Palificata spondale con palo verticale frontale	24

SINONIMI	Palificata spondale secondo Florineth

Descrizione

Struttura in legname tondo costituita da un'incastellatura di tronchi a formare camere frontali nelle quali vengono inserite fascine. Frontalmente è presente un palo verticale sul quale sono chiodati i tronchi correnti e quelli trasversi. L'opera, addossata alla sponda in erosione, è completata dal riempimento con materiale terroso inerte e pietrame nella parte sotto il livello medio dell'acqua.

Campi di applicazione

Sponde fluviali soggette ad erosione su substrati non lapidei che consentano l'efficace infissione dei pali.

Materiali impiegati

- Tronchi e pali di castagno o resinosa scortecciati ø 20 ÷ 25 cm
- chiodature metalliche ø 12 ÷ 14 mm
- fascine vive di salice ø 20 ÷ 30 cm
- fascine morte ø 25 ÷ 30 cm
- inerte di riempimento
- pietrame

Modalità di esecuzione

1. Infissione verticale di pali con punta, per almeno 2/3 della loro lunghezza, in prossimità della sponda erosa con interasse di 1,00 m seguendo lo sviluppo originario della linea di sponda.
2. Posa della prima serie di tronchi orizzontali parallelamente alla linea di sponda, retrostanti la fila di pali verticali ed inchiodati ad essi.
3. Posa e chiodatura della prima serie di pali traversi con punta infissi perpendicolarmente alla sponda al di sopra della serie di tronchi orizzontali.
4. Inserimento di fascine morte nelle camere frontali disposte parallelamente al fronte della struttura al di sotto del livello medio dell'acqua e riempimento con pietrame
5. Inserimento in analogia di fascine vive di salice (o tamerici se in ambiente salmastro)nelle camere frontali al di sopra del livello medio dell'acqua e riempimento con inerte terroso.
6. Ripetizione delle operazioni 2, 3, 5 fino al raggiungimento dell'altezza di progetto.
7. Riporto di materiale inerte fino a completa copertura dell'opera e riprofilatura di raccordo con la scarpata di sponda.

Palificata spondale con palo verticale frontale	24

Raccomandazioni

- la lunghezza dei pali verticali non deve essere inferiore ai 3,00 m
- i pali disposti perpendicolarmente alla sponda devono attestarsi nella stessa
- come rinforzo della punta in legno dei pali verticali è consigliabile il rivestimento con puntale in ferro se il substrato tende al ghiaioso
- la chiodatura dei pali va effettuata con tondini di ferro o barre filettate passanti i tronchi previa perforazione. Le eventuali cambre possono essere usate solo per fissaggi provvisori.

Limiti di applicabilità

Substrati ghiaiosi a pezzatura grossolana o litoidi

Vantaggi

Rapido e duraturo consolidamento della sponda. Ricostruzione di habitat per microfauna acquatica. Struttura alternativa ad opere murarie di vario genere.

Svantaggi

Il legno col tempo marcisce, per cui oltre a buone chiodature, è necessario che le talee e le fascine inserite nella struttura siano vive e radichino in profondità, così da sostituire la funzione di sostegno e consolidamento della scarpata, una volta che il legno ha perso le sue funzioni.
Lunghi tempi di realizzazione.

Effetto

Una volta cresciute, le piante esercitano un effetto drenante e di consolidamento della sponda attraverso il fitto intreccio di radici. Aspetto visuale gradevole anche nelle fasi iniziali di sviluppo degli arbusti e nei periodi invernali.

Periodo di intervento

Periodo di riposo vegetativo.

Possibili errori

- scelta errata del periodo per la posa del materiale vegetale vivo
- insufficiente infissione dei pali
- mancata o insufficiente chiodatura, uso di cambre al posto dei tondini d'armatura o delle barre filettate
- insufficiente o inadeguato inserimento di fascine e conseguente svuotamento della struttura
- riempimento unico finale invecie che a strati.

Palificata spondale con palo verticale frontale	24

Voce di Capitolato

3.2 Palificata spondale con palo verticale frontale

Consolidamento di sponde subverticali mediante tondami di castagno o di resinosa di ø 20 - 25 cm e di 3 - 5 m di lunghezza, infissi verticalmente per almeno 2/3 e addossati alla sponda stessa, dietro i quali vengono collocati tronchi orizzontali paralleli alla sponda alternati ad altri tronchi di minimo 1 m di lunghezza inseriti nella sponda in senso trasversale.

I singoli tondami vengono fissati l'uno all'altro con chiodi o barre filettate in tondino ø 14 mm. Gli interstizi tra i tondami longitudinali vengono riempiti con massi o con gabbioni cilindrici sino al livello di magra dell'acqua. Negli interstizi sovrastanti, vengono inserite fascine di salice (o tamerici in acque salmastre) leggermente ricoperte di terreno per assicurarne la radicazione dei rami. Dalle fascine si sviluppa una vegetazione arbustiva riparia con funzione naturalistica e nel tempo anche statica mediante la radicazione che va a sostituirsi al tondame destinato a marcire.

La struttura si presta anche alla creazione di tane per ittiofauna ricavando delle nicchie nella parte sommersa sostenute da legname al posto del pietrame di riempimento.

Sezione Tipo

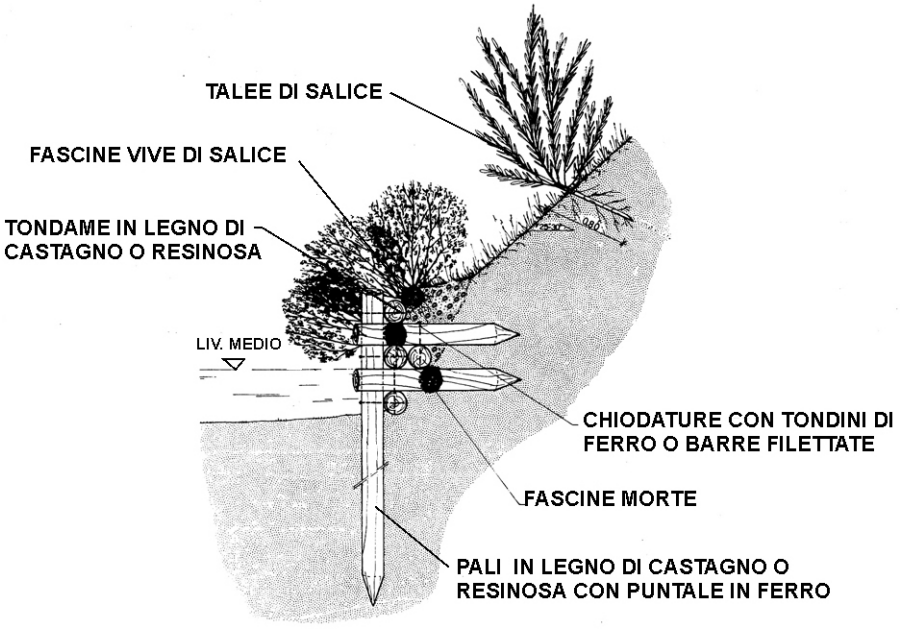


Foto R. Ferrari

Foto 54 - Palificata viva spondale con palo frontale.
T. Arrone (VT)

Foto G. Sauli

Foto 55 - Palificata viva con arbusti di tamerici a 1 anno dalla realizzazione.
T. Arrone (VT)

Foto G. Sauli

Foto 56 - Palificata viva spondale con palo. In costruzione.
Laguna di Nora (CA)

Foto F. Florineth

Foto 57 - Palificata viva spondale appena realizzata
Rio dei Gamberi (BZ)

Foto G. Sauli

Foto 58 - Palificata viva spondale a crescita avvenuta dei salici dalle fascine vive. Rio dei Gamberi (BZ)

Palificata viva spondale	25

SINONIMI	Palificata viva di sostegno

Descrizione sintetica

Struttura in tronchi costituita da un'incastellatura di tronchi a formare camere nelle quali vengono inserite fascine e talee di salici. L'opera, posta alla base della sponda, è completata dal riempimento con materiale terroso inerte e pietrame nella parte sotto il livello medio. Il pietrame e le fascine poste a chiudere le celle verso l'esterno garantiscono la struttura dagli svuotamenti, le talee inserite in profondità sono necessarie per garantire l'attecchimento delle piante che negli ambienti mediterranei soffrono per le condizioni di aridità.

Campi di applicazione

Sponde fluviali soggette ad erosione di corsi d'acqua ad energia medio – alta con trasporto solido anche di medie dimensioni. La variante a una parete è preferibile in situazioni di spazio o di possibilità di scavo limitati.

Materiali impiegati

- Tronchi di castagno o resinosa scortecciati ø 20 ÷ 30 cm
- Chiodature metalliche ø 12 ÷ 14 mm
- Fascine vive di salice ø 20 ÷ 30 cm
- Talee e ramaglie (da abbinare alle fascine in ambiti mediterranei)
- Fascine morte ø 25 ÷ 30 cm
- Pietrame
- Inerte terroso

Modalità di esecuzione

1. Scavo di fondazione in contropendenza (10°÷15°).
2. Fondazione in massi ciclopici o in gabbioni per la variante a parete doppia.
3. Posa della prima serie di tronchi correnti, paralleli alla sponda; nella variante a parete doppia (che di gran lunga la più usata anche per motivi di standard costruttivi)la fila interna addossata alla parete dello scavo.
4. Posa della prima serie di tronchi trasversali al di sopra dei correnti e chiodati ad essi, con interasse massimo 2,00 m. Nella variante a una parete, posa e chiodatura della prima serie di pali con punta perpendicolarmente alla sponda al di sopra del tronco orizzontale: tali pali vengono inseriti nel terreno a spinta mediante escavatore.
5. Inserimento delle fascine morte o di pietrame, di dimensioni superiori al diametro dei tronchi, nelle camere al di sotto del livello medio dell'acqua e riempimento con inerte.
6. Inserimento delle fascine vive di salici (eventualmente abbinate con talee) di specie con capacità di propagazione vegetativa nelle camere al di sopra del livello medio dell'acqua e riempimento con inerte.
7. Ripetizione delle operazioni 3, 4, 5, 6 fino al raggiungimento dell'altezza di progetto.
8. Riempimento con il materiale inerte proveniente dallo scavo fino a completa copertura dell'opera e riprofilatura di raccordo con la scarpata di sponda.

Palificata viva spondale	25

Raccomandazioni

- nella palificata di difesa spondale è di solito consolidata al piede da una fila di massi legati con fune di acciaio ø 16 mm e barre metalliche di L = 2,00 m, infissi per i 3/4 della lunghezza.
- le talee dovranno avere una lunghezza tale da passare l'opera fino a toccare il terreno retrostante e in tal modo radicare, mentre nella parte frontale dovranno sporgere per circa 10 cm
- il fronte della palificata dovrà avere una pendenza inferiore a 60° sull'orizzontale per consentire la crescita delle piante
- i tronchi trasversi andranno disposti alternati e non uno sopra l'altro per garantire una maggiore elasticità e resistenza della palificata stessa
- va escluso l'impiego di non tessuti filtranti sul retro della struttura perché impediscono la radicazione delle piante; in caso di necessità verranno impiegati dreni di altra natura che non creino superfici di separazione
- la chiodatura dei pali va effettuata con tondini di ferro o barre filettate passanti i tronchi previa perforazione. Le eventuali cambre possono essere usate solo per fissaggi provvisori.

Limiti di applicabilità

Velocità dell'acqua e trasporto solido superiori alla resistenza del castello in legname

Vantaggi

Rapido e robusto consolidamento della sponda.

Svantaggi

Il legno col tempo marcisce, per cui oltre a buone chiodature, è necessario che le talee e le fascine inserite nella struttura siano vive e radichino in profondità, così da sostituire la funzione di sostegno e consolidamento della scarpata, una volta che il legno ha perso le sue funzioni.
Lunghi tempi di realizzazione.

Effetto

Il consolidamento della scarpata è immediato. La struttura a camere sovrapposte funge anche da microhabitat (riparo e tane per piccoli animali e pesci). Effetto visuale immediatamente gradevole e di grande effetto paesaggistico legato al rapido sviluppo delle ramaglie.

Periodo di intervento

Durante il periodo di riposo vegetativo

Possibili errori

- scelta errata del periodo per la posa di materiale vegetale vivo
- diametro dei tronchi sottodimensionato
- mancate o insufficienti fondazioni o protezioni al piede
- mancato inserimento di fascine o con scarsità di materiale vegetale vivo idoneo
- inserimento troppo superficiale (a posteriori e non durante la costruzione) di talee
- impiego di specie prive di capacità di ricaccio vegetativo
- insufficiente chiodatura dei tronchi
- uso di cambre al posto delle barre per l'assemblaggio dei tronchi

Palificata viva spondale	25

Voce di Capitolato

3.3 Palificata viva spondale

a) a parete semplice

b) a parete doppia

Consolidamento di sponde in erosione con palificata in tondami di castagno o di resinosa di ø 20÷30 cm posti alternativamente in senso longitudinale ed in senso trasversale (L= 1,50 ÷2,00 m a formare un castello in legname e fissati tra di loro con chiodi in ferro o tondini ø 14 mm; la palificata andrà interrata con una pendenza del 10÷15 % verso monte ed il fronte avrà anche una pendenza di almeno 60° per garantire la miglior crescita delle piante; una fila di piloti potrà ulteriormente consolidare la palificata alla base; l'intera struttura verrà riempita con l'inerte ricavato dallo scavo e negli interstizi tra i tondami orizzontali verranno collocati: pietrame per la parte normalmente a contatto con l'acqua; fascine di Salici, Tamerici od altre specie legnose adatte alla riproduzione vegetativa nonché piante radicate di specie arbustive pioniere; talee o ramaglie vive disposte a gradonata per le zone a influenza mediterranea. Rami e piante dovranno sporgere per circa 10 cm dalla palificata ed arrivare nella parte posteriore sino al terreno naturale. di difesa spondale. In funzione della velocità della corrente e del diametro del trasporto solido verrà realizzata una difesa con una fila di massi posti al piede della palificata, a contatto con l'acqua, legati con una fune d'acciaio di ø 16 mm e ulteriormente fissati con pali in legno o in profilato metallici di lunghezza di 2 m, infissi nel fondo per almeno ¾ della lunghezza.

a) a parete semplice: una sola fila orizzontale esterna ai tronchi e gli elementi più corti perpendicolari alla sponda sono appuntiti e inseriti nella sponda stessa.

b) a parete doppia: fila di tronchi longitudinali sia all'esterno che all'interno. La palificata potrà essere realizzata per singoli tratti non più alti di 2,00 m.

Sezione Tipo

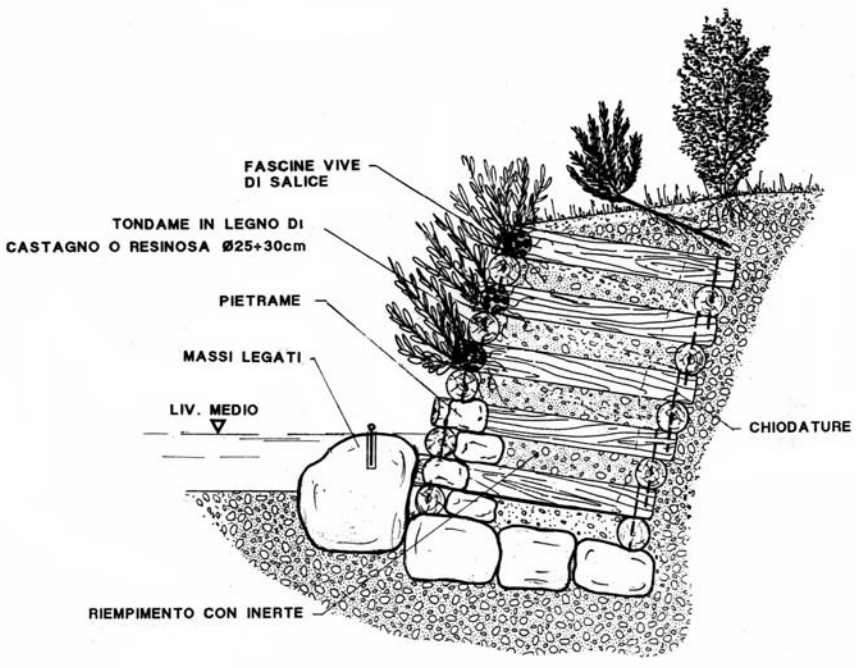


Foto G. Sauli

Foto 59 - Palificata viva doppia in costruzione. Fase di predisposizione dei fori per l'infissione delle chiodature.
Rio Bianco. Tarvisio Loc. Boscoverde (UD)

Foto G. Sauli

Foto 60 - - Palificata viva doppia spondale di recente costruzione.
F. Fella (UD)

Foto G. Sauli

Foto 61 - Consolidamento spondale in palificata viva doppia a 1 anno dall'intervento. Vista frontale.
Rio Inferno. Cassino (FR)

Foto G. Sauli

Foto 62 - Consolidamento spondale in palificata viva doppia a 1 anno dall'intervento.
Rio Inferno. Cassino (FR)

Palificata viva spondale *Roma sec. Cornelini*	26

SINONIMI

Descrizione sintetica

Struttura in legname tondo costituita da un'incastellatura di tronchi a formare camere nelle quali vengono inserite fascine e talee di salici. L'opera, posta alla base della sponda, è completata dal riempimento con materiale terroso inerte misto a pietrame nella parte sotto il livello medio.

Campi di applicazione

Sponde fluviali soggette ad erosione in corsi d'acqua ad alta energia con trasporto solido anche di dimensioni medio – grandi.

Materiali impiegati

- Tronchi di castagno o resinosa scortecciati ø 20 ÷ 25 cm
- chiodature acciaio a.m. ø 12 ÷ 14 mm e barre acciaio filettato con dadi e rondelle ø 12 ÷ 14 mm
- rete metallica a doppia torsione zincata e plastificata.6x8 cm.
- Talee l = 2-3 m. ø 2÷5 cm. e fascine vive di salice ø 25 ÷ 30 cm
- Pietrame ø 25 ÷ 30 cm
- Inerte terroso

Modalità di esecuzione

1. Scavo di fondazione in contropendenza (10°÷15°).
2. Fondazione in massi ciclopici o in gabbioni
3. Posa della prima serie di tronchi correnti, paralleli alla sponda
4. Posa della prima serie di tronchi trasversali al di sopra dei correnti e chiodati ad essi, con interasse 1,5 m.; successivamente, dopo un riempimento con pietrame di pezzatura superiore al diametro dei tronchi, si posa sui trasversi una rete in acciaio zincata e plastificata di maglia 6x8 cm., per la ripartizione del carico del terreno di riempimento sulla fondazione (vedi figure allegate)
5. Al trasverso di base, dopo realizzazione di idonei fori nella rete zincata, verranno incernierati il montante posteriore con una pendenza intorno ai 65° e, ad idonea distanza, il tirante di collegamento con la base, formando un triangolo con il lato prolungato oltre la cerniera superiore di collegamento. Tale disposizione consentirà il posizionamento dei correnti orizzontali successivi (il primo chiodato sul traverso, il secondo semplicemente appoggiato su un elemento distanziatore in legno di circa 20 cm, il terzo chiodato sul tirante e gli altri appoggiati sui distanziatori in legno senza chiodature).
6. Successivamente sarà posizionato il montante anteriore, in aderenza al corrente di fondazione, con una pendenza intorno ai 65°, incernierato al trasverso di base ed al tirante di collegamento e fissato ulteriormente, per una migliore stabilizzazione della struttura, con barre filettate di acciaio al montante posteriore attraverso i correnti non ancora chiodati. Per tale operazione, si richiede l'uso di punte di trapano e barre filettate della lunghezza di almeno 60 cm.
7. Inserimento di pietrame di pezzatura superiore al diametro del trasverso nelle camere al di sotto del livello medio dell'acqua sul fronte esterno e riempimento con inerte nella zona retrostante.
8. Inserimento delle fascine vive di salici e talee di specie con capacità di propagazione vegetativa nelle camere al di sopra del livello medio dell'acqua e riempimento con inerte.
9. Riempimento con il materiale inerte proveniente dallo scavo fino a completa copertura

dell'opera e riprofilatura di raccordo con la scarpata di sponda.

Palificata viva spondale *Roma sec. Cornelini*	26

Raccomandazioni

- qualora la palificata funga da difesa spondale, al piede della stessa verrà collocata una fila di massi legati con fune di acciaio ø 16 mm e profilati metallici L = 2,00 m, infissi per i 3/4 della lunghezza.
- le talee dovranno avere una lunghezza superiore allo spessore dell'opera fino a toccare il terreno retrostante e in tal modo radicare, mentre nella parte frontale dovranno sporgere per più di 10 cm
- il fronte della palificata dovrà avere una pendenza massima di 65° per consentire la crescita delle piante
- sul fronte della palificata è possibile inserire geotessili per il contenimento del materiale più fine

Limiti di applicabilità

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

Vantaggi

Rapido consolidamento della sponda. Rispetto alla tradizionale palificata doppia presenta un risparmio di legname e chiodature

Svantaggi

Il legno col tempo marcisce, per cui oltre a buone chiodature, è necessario che le talee e le fascine inserite nella struttura siano vive e radichino in profondità, così da sostituire la funzione di sostegno e consolidamento della scarpata, una volta che il legno ha perso le sue funzioni.
Lunghi tempi di realizzazione.

Effetto

Il consolidamento della scarpata è immediato. La struttura funge anche da microhabitat (riparo e tane per piccoli animali e pesci).

Periodo di intervento

Durante il periodo di riposo vegetativo

Possibili errori

- scelta errata del periodo per la posa di materiale vegetale vivo
- diametro dei tronchi sottodimensionato
- inserimento di un numero insufficiente di talee
- inserimento di fascine con scarsità di materiale vegetale vivo idoneo
- impiego di specie prive di capacità vegetativa
- insufficiente chiodatura dei tronchi

Palificata viva spondale *Roma sec. Cornelini*	26

Voce di Capitolato

3.3 Palificata viva spondale *Roma sec. Cornelini*

a) su versante

b) spondale

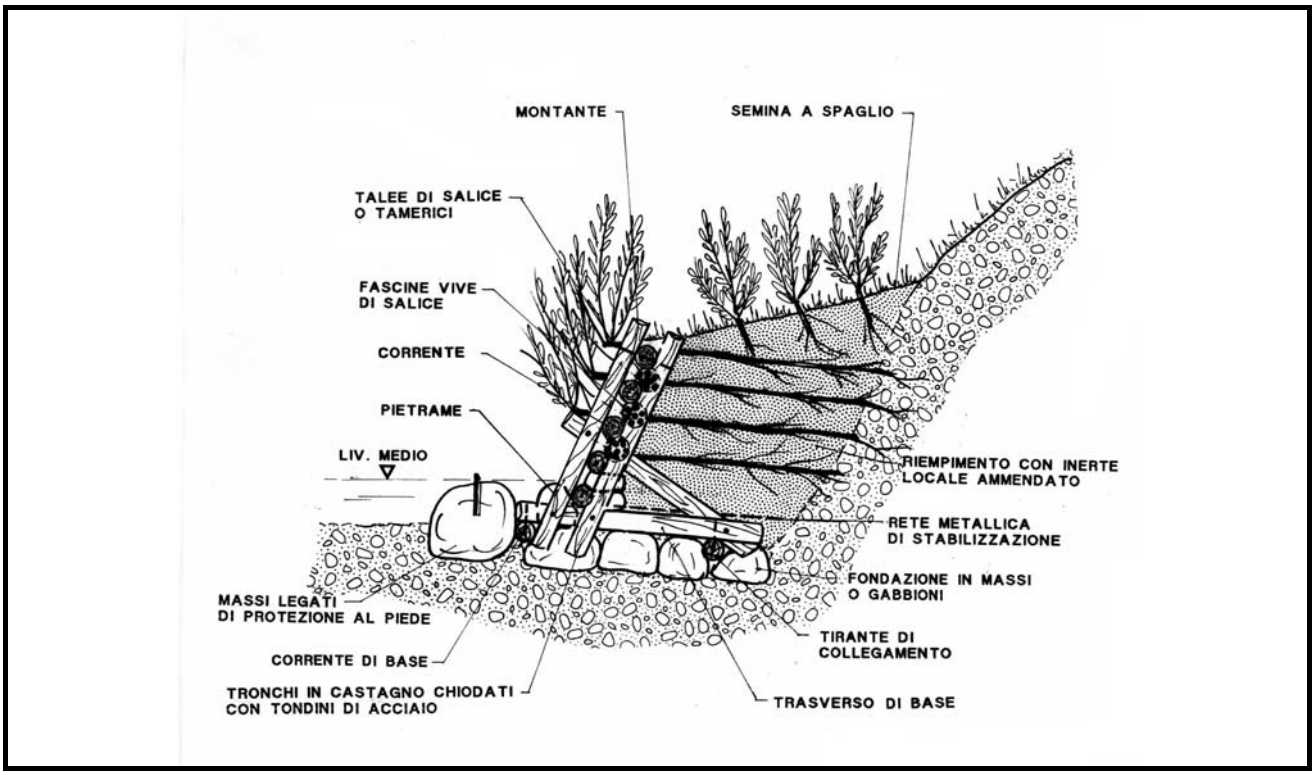
Consolidamento di pendii franosi o sponde in erosione con palificata in tondami di castagno o larice ø 20÷25 cm posti a formare una struttura triangolare in legname, con i montanti, i tiranti ed i traversi di L= 2,50 ÷3,00 m e fissati tra di loro con tondini e barre filettate in acciaio con dadi e rondelle ø 14 mm; la palificata andrà interrata con una pendenza del 10÷15 % verso monte ed il fronte avrà una pendenza di circa 65° per garantire la miglior crescita delle piante; una fila di pali infissi potrà ulteriormente consolidare la palificata alla base; sui trasversi di base sarà posata una rete in acciaio zincata e plastificata di maglia 6x8 cm., per la ripartizione del carico del terreno di riempimento sulla fondazione. Sarà effettuato l'inserimento di pietrame di pezzatura superiore al diametro del trasverso nelle camere al di sotto del livello medio dell'acqua sul fronte esterno ed un riempimento con inerte nella zona retrostante; analogamente sarà effettuato l'inserimento di fascine vive (di diametro superiore allo spazio tra i tronchi correnti) e talee di salici, tamerici od altre specie con capacità di propagazione vegetativa, nonché di piante radicate di specie arbustive pioniere nelle camere al di sopra del livello medio dell'acqua e riempimento con inerte nella zona retrostante fino a completa copertura dell'opera e riprofilatura di raccordo con la scarpata di sponda.

Rami e piante dovranno sporgere circa 10 cm dalla palificata ed arrivare nella parte posteriore sino al terreno naturale.

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

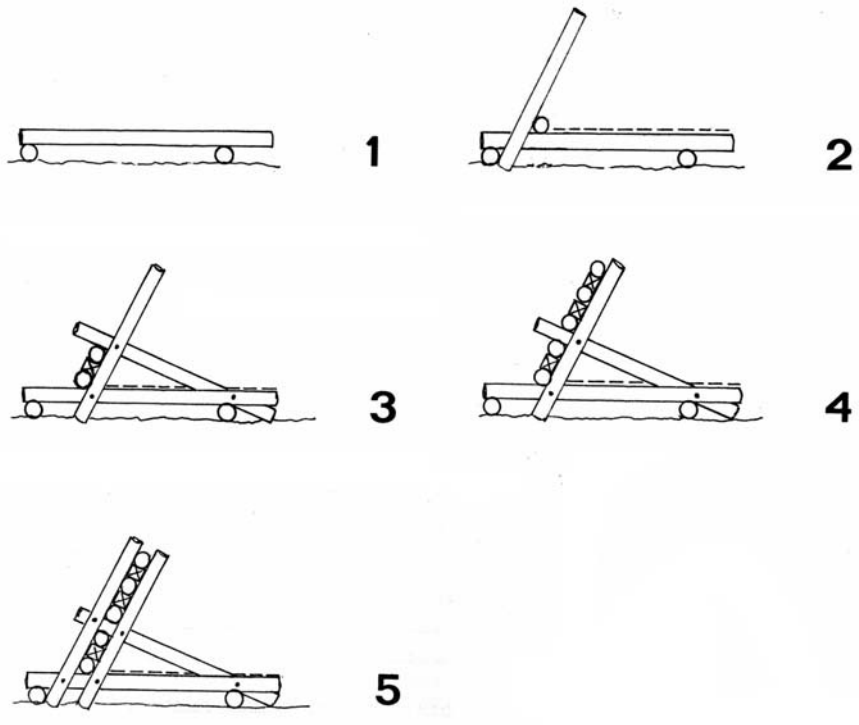
b) Nel caso della difesa spondale sarà posta una fila di massi al piede della palificata, a contatto con l'acqua, legati con una fune d'acciaio di ø 16 mm e ulteriormente fissati con pali in legno o in profilato metallici di lunghezza di 2 m, infissi nel fondo per almeno ¾ della lunghezza.

Sezione Tipo


MONTANTE
SEMINA A SPAGLIO
TALEE DI SALICE O TAMERICI
FASCINE VIVE DI SALICE
CORRENTE
PIETRAME
LIV. MEDIO
RIEMPIMENTO CON INERTE LOCALE AMMENDATO
RETE METALLICA DI STABILIZZAZIONE
FONDAZIONE IN MASSI O GABBIONI
MASSI LEGATI DI PROTEZIONE AL PIEDE
TIRANTE DI COLLEGAMENTO
CORRENTE DI BASE
TRONCHI IN CASTAGNO CHIODATI CON TONDINI DI ACCIAIO
TRASVERSO DI BASE

Palificata viva spondale *Roma sec. Cornelini*	26

Schema fasi costruzione



Vista prospettica

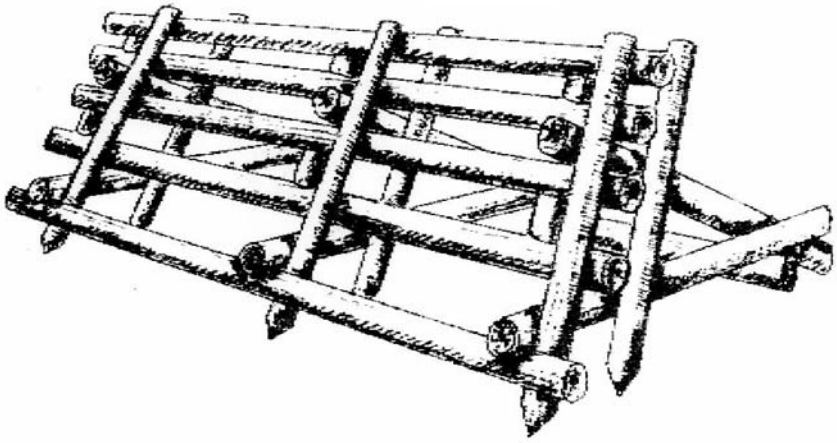


Foto P. Cornelini

Foto 63 - Palificata tipo Roma in costruzione.
Gola del Furlo (PS)

Foto P. Cornelini

Foto 64 - Palificata tipo Roma al terzo stadio di costruzione.
Gola del Furlo (PS)

Foto P. Cornelini

Foto 65 - Palificata tipo Roma.
Parco Monti Aurunci (LT)

Pennelli e repellenti vivi	27

SINONIMI	Sbarramento vivo, Traversa viva

Descrizione sintetica

Costruzioni in legname, pietrame e materiale vivo (fascine, ramaglia), poste in senso trasversale o longitudinale rispetto all'asse del corso d'acqua. Le costruzioni trasversali alla riva possono avere un'orientazione inclinante, declinante o ad angolo retto rispetto alla direzione del flusso, a seconda dell'effetto che si desidera ottenere.

Campi di applicazione

Corsi d'acqua nei quali è necessario deviare il flusso di corrente dell'acqua o modificare la sezione dell'alveo. Ricostruzione di linee di sponda di fiumi e ruscelli a seconda delle caratteristiche idrauliche del corso d'acqua.

Materiali impiegati

- Tronchi o pali di legno ø 15 – 30 cm, L = 100 ⏐ 130 cm
- Alberi grezzi
- Ramaglia o fascine vive e morte
- Filo di ferro per legature
- Barre di ferro
- Materiale di riempimento: ghiaia, sassi
- Massi da scogliera

Modalità di esecuzione

1. Formazione di uno scavo o infissione di paleria in legno a file singole o doppie
2. Inserimento di ramaglia viva e di talee, intreccio di ramaglia
3. Ricoprimento con materiale inerte (ghiaia, sassi)
4. Ripetizione a strati alterni delle due operazioni precedenti
5. eventuale posizionamento di massi da scogliera di dimensioni adeguate alla portata sia solida che liquida del corso d'acqua , a protezione della struttura.

Raccomandazioni

- la distanza tra i repellenti non deve essere inferiore alla larghezza del corso d'acqua
- per il restringimento di sezione i repellenti andranno posizionati contrapposti sulle due sponde
- per l'effetto meandreggiante i repellenti andranno posizionati sfalsati, con una distanza che rispetta la cadenza naturale del meandreggio
- le strutture a pennello andranno realizzate con andamento degradante a cuneo dalla parte alta della sponda al fondo alveo.

Limiti di applicabilità

Corsi d'acqua ad energia troppo elevata

Vantaggi

I pennelli vivi diventano parte integrante della sponda, in continuità anche con la vegetazione della sponda stessa. La presenza di ramaglia rallenta la velocità dell'acqua e la rimescola. Si ottengono modifiche della morfologia del corso d'acqua nel senso naturaliforme.

Svantaggi

A causa delle turbolenze e delle correnti trasversali che si vengono a generare, si possono avere erosioni in testa e al piede dei repellenti, nonché sulla sponda opposta se non correttamente dimensionati e posizionati. Impiego di grandi quantità di materiale vivo.

Effetto

Vi è una riduzione della velocità dell'acqua e un rimescolamento dell'acqua con riduzione della velocità di flusso che consente la deposizione di materiale solido. I pennelli costituiscono inoltre punti di rifugio per la fauna.

Periodo di intervento

La realizzazione di pennelli vivi deve avvenire durante il periodo di riposo vegetativo.
I repellenti morti possono essere realizzati in qualsiasi stagione.

Possibili errori

- scelta errata del periodo per la posa di materiale vegetale vivo
- struttura troppo sporgente in altezza o in larghezza
- dimensione dei tronchi o dei massi inadeguata

Voce di Capitolato

3.4 Sbarramento vivo

Formazione di sbarramenti costituiti da due file di pali di diametro e lunghezza proporzionale alla situazione idraulica e geomorfologica (in genere si usano diametri da 15 a 30 cm), tra le quali vengono introdotti sterpi secchi e fascine sommerse; i pali saranno contraventati a coppie con filo di ferro di ø 5 mm; all'interno del pacchetto potranno essere inserite ramaglie, fascine e talee di salice, nei casi di livelli dell'acqua con poca variabilità; lo sbarramento verrà disposto parallelamente alla linea di sponda come frangiflutto per la creazione di tratti protetti, spiaggette, tutela di canneti e incremento di spazi vitali per la fauna acquatica.

3.5 Pennello vivo ad intreccio

Formazione di pennelli a partire dalla riva e posizionati ad angolo retto, con inclinazione verso valle o verso monte rispetto alla direzione del flusso, costituiti da pali di lunghezza variabile (in genere 100÷150 cm e ø 10 - 20 cm) disposti a file singole o multiple, sui quali vengono intrecciati rami o verghe di salice vive e morte.

La struttura verrà posizionata in modo da determinare una riduzione della forza erosiva dell'acqua, dell'erosione e al contempo un deposito del trasporto solido.

3.6 Traversa viva

a) in pietrame e talee
b) in fascinate e talee
c) in gabbionata cilindrica e talee

Formazione di traverse parziali costituite da pettini o soglie nel tratto di golena in erosione partendo dalla sponda erosa sino alla linea di sponda progettata, mediante scavo di solchi di circa 30 x 50 cm con accumulo lato valle del materiale scavato, infissione nel solco di rami vivi di salice di 100÷150 cm di lunghezza rivolti verso valle con un angolo di 45°-60°, a formare una barriera molto fitta e senza lacune; consolidamento della ramaglia mediante riempimento del solco a monte con pietrame (variante a) o con fascine (variante b) o con gabbionate cilindriche (variante c) poste con la parte superiore all'altezza del livello medio dell'acqua.

Particolare cura dovrà essere posta nella finitura delle due estremità: la "testa" verso l'acqua andrà costruita con rami di salice disposti a ventaglio attorno alla testa in pietrame; la "radice" lato sponda, andrà impostata in profondità e rialzando il coronamento.

Per ottenere un'efficace difesa del tratto in erosione ed un interramento nel tempo, andranno realizzate varie file di traverse disposte ad angolo retto rispetto al filone della corrente, tranne la prima a monte (angolo acuto verso la corrente) e l'ultima a valle (angolo ottuso). Le traverse verranno collocate a distanza di una volta sino ad una volta e mezzo della loro lunghezza.

In caso di corsi d'acqua a forte capacità erosiva il sistema di traverse vive andrà abbinato con graticciate o con opere longitudinali lungo la futura linea di sponda.

3.7 Repellente di ramaglia a strati

a) con sostegno in pali
b) con sostegno in geotessile a sacche

Formazione di repellente di ramaglia a strati con funzione di difesa sia longitudinale che trasversale, costituita da un corpo di strati di fascine o di ramaglia alternati con tout-venant ghiaioso in genere prelevato dall'alveo.

Nella variante a) tutto è sostenuto da file di pali, eventualmente infissi in precedenza, di dimensione e passo funzione del tipo di fondo e del livello dell'acqua. Nel caso di ricostruzione della linea spondale le punte dei rami dovranno terminare esattamente in corrispondenza della linea di sponda progettata. Il piede della costruzione a strati verrà ulteriormente consolidato con pietrame nel tratto di oscillazione del livello dell'acqua.

Nella variante b) la struttura è sostenuta da geotessuti disposti a sacche riempiti di tout-venant e alternati alla ramaglia. La sacca superiore viene ulteriormente piantata con talee legnose di salice od altra specie idonea infisse verticalmente. Le caratteristiche di portanza e resistenza a trazione/taglio del geotessuto, che dovrà comunque essere permeabile alla radicazione, dovranno essere dimensionate in funzione dei parametri statici e idraulici.

Sezione Tipo

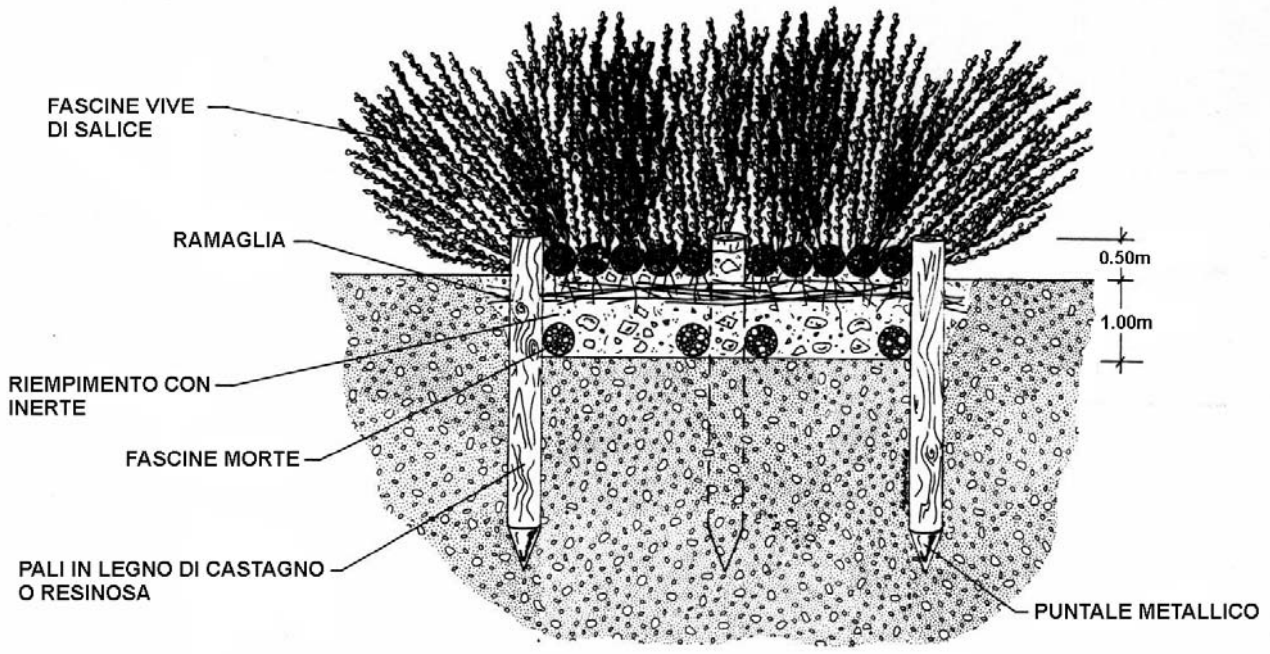


Foto G. Sauli

Foto 66 - Repellente vivo con funzione di meandrizzazione in alveo di magra. Rinaturalizzazione tratto precedentemente canalizzato e cementato. Fiume Fella (UD).

Foto G. Sauli

Foto 67 - Rinaturalizzazione Fiume Fella (UD) dopo sei mesi.

Foto R. Ferrari

Foto 68 - Pennello in fase di costruzione in cui sono visibili gli strati alterni di fascine e ghiaia.
Golena F. Tagliamento (UD)

Foto R. Ferrari

Foto 69 - Lo stesso pennello dopo sei mesi
Golena F. Tagliamento (UD)

Rullo spondale con zolle (pani) di canne	28

SINONIMI

Descrizione sintetica

Cilindro in rete metallica zincata e plastificata o in rete sintetica, ancorato con pali frontali e rivestito internamente con geostuoia sintetica o organica molto compatta, tipo feltro, e riempito nella parte inferiore con materiale ghiaioso e sabbioso, nella parte superiore con pani di canne e altre specie igrofile.

Campi di applicazione

Canali in erosione, corsi d'acqua a bassa pendenza, sponde di laghi, nei quali vi siano limitate oscillazioni del livello dell'acqua e il trasporto solido sia costituito da limi in sospensione. I substrati dovranno essere in prevalenza sabbioso-limosi, debolmente ghiaiosi.

Materiali impiegati

- Pali di legno L = 120 - 150 cm, ø 8 - 10 cm
- Telo in rete metallica zincata e plastificata, maglia 8 x 10 cm, larghezza 200 cm o rete sintetica in materiale plastico di idonea portata
- Tessuto sintetico o stuoia a feltro in fibra vegetale filtrante
- Materiale di riempimento sabbioso-limoso
- Pani di canne, giunchi o carici (*Phragmites australis, Juncus sp.pl., Carex sp.pl.,* ecc.)
- Fascine o ramaglie di salici o tamerici

Modalità di esecuzione

1. Formazione di un solco di 40 x 40 cm
2. Posizionamento di pali di legno verso l'esterno del solco rispetto alla sponda, in quantità e distribuzione in funzione del substrato e dello sforzo, in genere a distanza l'uno dall'altro di 1,00 m
3. Stesura del telo di rete già rivestito con la stuoia o il tessuto sintetico filtranti
4. Riempimento con materiale sabbioso-limoso
5. Riempimento con pani di canne
6. Chiusura superiore, con punti di ferro, del telo di rete a formare un cilindro di ø 40 - 60 cm
7. eventuale raccordo con la sponda mediante impiego di fascine o ramaglie vive di salici o tamerici

Rullo spondale con zolle (pani) di canne	28

Raccomandazioni

- Ad operazione ultimata il rullo deve sporgere per 5 - 10 cm sul livello medio dell'acqua
- Nel caso di correnti più forti, è possibile proteggere la base del rullo o con l'inserimento di ramaglia di salice o tamerice al di sotto dello stesso o mediante la realizzazione di un gabbione cilindrico.

Limiti di applicabilità

Impiego solo in aree di foce e canali lagunari, sponde di laghi, zone paludose in genere e comunque con acque debolmente correnti.

Vantaggi

Protezione immediata della sponda. Le canne del rullo e i provvedimenti che in genere vengono abbinati sulla restante superficie della sponda (fascinate, rizomi, ecc.) garantiscono il consolidamento e la rapida rivegetazione delle sponde. Le canne hanno anche una funzione depurativa delle acque.

Svantaggi

La lavorazione in presenza di acqua richiede precauzioni particolari e continua assistenza manuale.

Effetto

Rapido effetto di consolidamento e rinaturalizzazione delle sponde e golene legato al rapido sviluppo del canneto. Nessuna parte strutturale rimane visibile, pur trattandosi di materiali permanenti.

Periodo di intervento

Durante il periodo di riposo vegetativo, di solito in primavera prima della germogliazione.

Possibili errori

- scelta errata del periodo per la posa di materiale vegetale vivo
- le stuoie non vengono legate alle reti prima della posa
- vengono usate stuoie organiche normali, che si disfano a contatto con l’acqua, invece che feltri
- la parte superiore del rullo rimane sommersa

Voce di Capitolato

3.8 Rullo spondale con zolle (pani) di canne

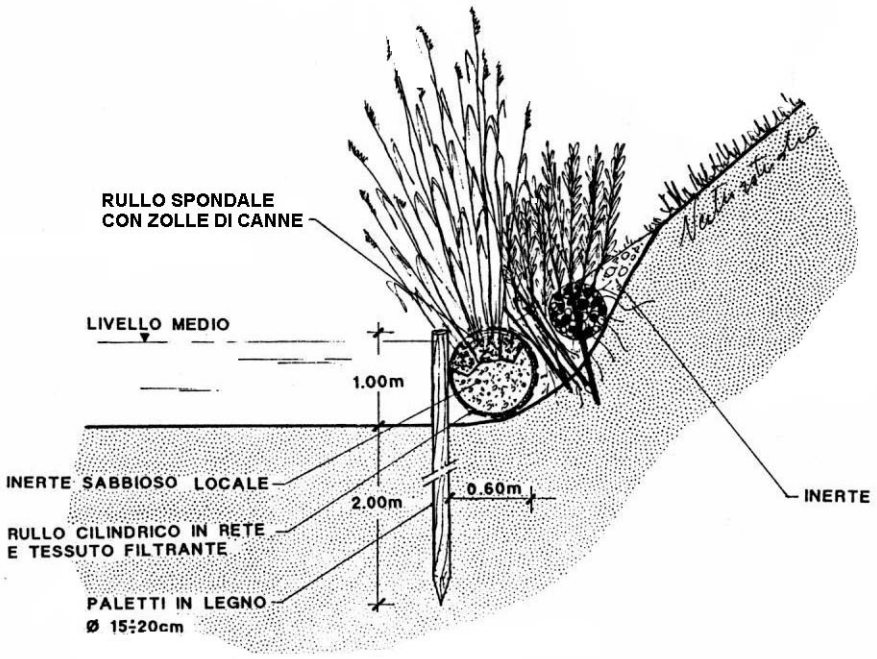
a) in rete metallica

b) in georete sintetica

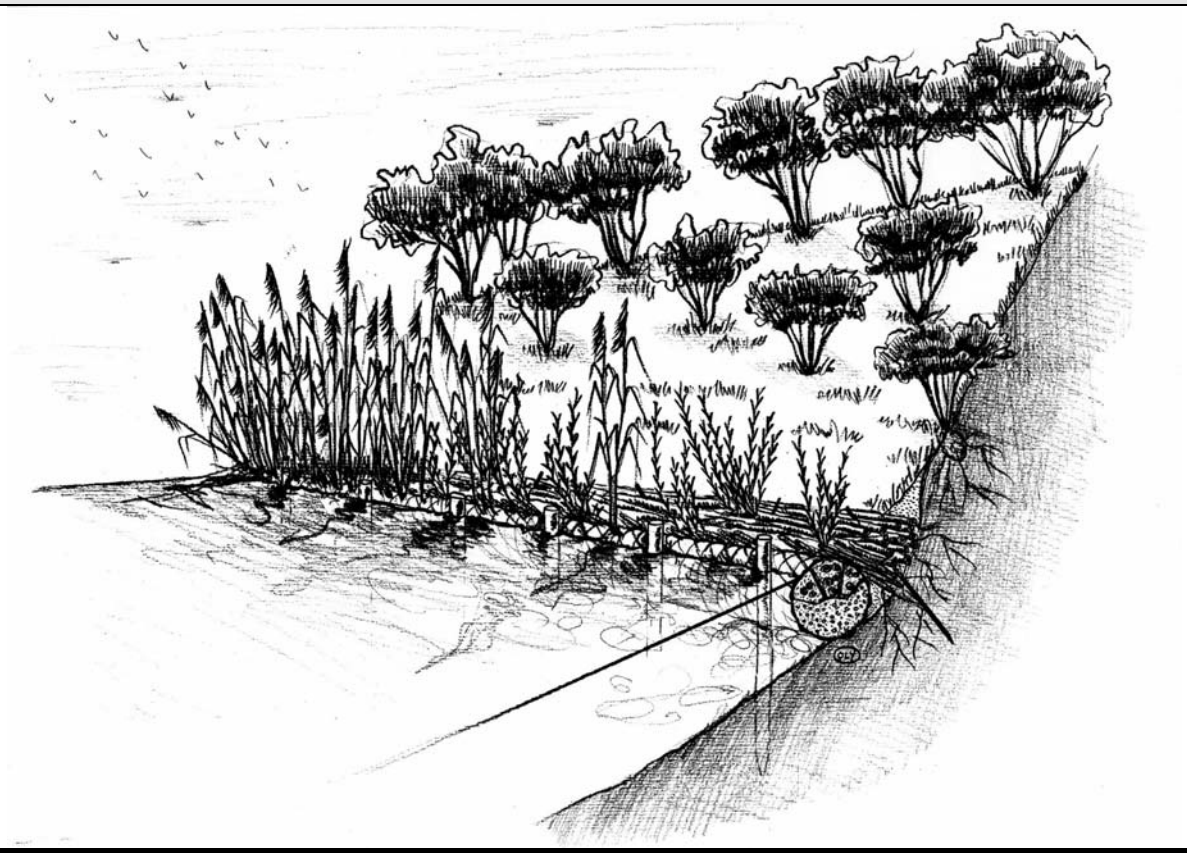
Consolidamento al piede di sponde in erosione di canali, corsi d'acqua a bassa pendenza,zone lagunari, laghi, con limitate oscillazioni del livello dell'acqua, con trasporto solido limitato a limi in sospensione, in genere su substrati sabbioso-limosi debolmente ghiaiosi, mediante formazione di un rullo cilindrico in rete zincata plastificata di maglia minima 8x10 cm (variante a) o in georete sintetica (variante b), disposta a telo aperto di larghezza minima di 120-160 cm, in un solco predisposto di minimo 40x40 cm, sostenuto da pali di legno verso l'esterno e sul fondo, opportunamente dimensionati e intercalati in funzione del substrato e dello sforzo; la rete va rivestita internamente con una stuoia o un geotessuto filtrante sintetico o in fibra vegetale e viene poi riempita di tout-venant sabbioso o ghiaioso (pezzatura 80-120 mm) per i 2/3 inferiori . Nel terzo superiore del rullo vengono collocati pani di canne ed altre specie igrofile (*Phragmites, Typha, Juncus, Schenoplectus, Phalaris, Carex*, ecc.), il tutto verrà poi richiuso e legato a cilindro con filo di ferro.Il rullo ad operazione conclusa dovrà sporgere per 5-10 cm sul livello medio dell'acqua. Il raccordo con la sponda verrà realizzato con ramaglie o fascine di salici e tamerici. La lavorazione potrà avvenire durante il periodo di riposo vegetativo, possibilmente in primavera prima della germogliazione.

Rullo spondale con zolle (pani) di canne	28

Sezione Tipo



Vista prospettica



Rullo con ramaglia viva	29

SINONIMI	

Descrizione sintetica

Cilindro in rete metallica zincata e plastificata o in rete sintetica, ancorato con pali frontali e rivestito internamente con ramaglia sia morta che viva. e riempito con materiale ghiaioso

Campi di applicazione

Sponde di corsi d'acqua con limitato trasporto solido e liquido, sia sotto che sopra il livello medio dell'acqua. Possono essere utilizzati sia come repellenti che come protezione al piede di sponde in erosione.

Materiali impiegati

- Barre in acciaio L = 1 ÷ 3 m ø 16 ÷ 22 mm
- Paletti vivi di salice ø 8 ÷ 15 cm
- Telo in rete metallica zincata e plastificata, maglia 8 x 10 cm, larghezza 200 cm o rete sintetica in materiale plastico di idonea portata
- Ramaglia sia viva che morta
- Materiale di riempimento

Modalità di esecuzione

1. Stesura lungo la sponda della rete metallica
2. Messa a dimora di rami di salice misti a ghiaia (materiale di riempimento) e ramaglia, sia viva che morta
3. Chiusura della rete sopra il riempimento con punti metallici
4. Fissaggio del rullo con picchetti passanti in acciaio e/o paletti vivi.

Rullo con ramaglia viva	29

Raccomandazioni

* Nel caso di rischio di scalzamento al piede è opportuno sistemare al di sotto della fascina un letto di ramaglia morta, orientata verso il centro del corso d'acqua.

Limiti di applicabilità

Tratti di corsi d'acqua con velocità della corrente sopra i 3 m/s e diametro del trasporto solido maggiore di 5 cm.

Vantaggi

Realizzazione veloce con immediata protezione della sponda. Struttura elastica che si adatta alla morfologia della sponda. Può essere realizzato in diverse lunghezze a seconda delle necessità.

Svantaggi

La realizzazione può avvenire solo in luoghi dove sono presenti grandi quantità di ghiaia. L'inserimento di materiale vivo può avvenire solo in fase di costruzione.

Effetto

Il consolidamento della sponda è immediato. La struttura funge anche da riparo e tane per piccoli animali e pesci.

Periodo di intervento

Durante il periodo di riposo vegetativo per rulli con materiale vivo, qualsiasi stagione per quelli sommersi (materiale morto).

Possibili errori

- scelta errata del periodo di realizzazione
- insufficiente legatura della rete con possibile svuotamento della struttura
- inerte di riempimento di granulometria troppo piccola

Voce di Capitolato

3.9 Rullo con ramaglia viva

a) in rete metallica

b) in georete sintetica

In analogia al punto precedente potranno venire realizzati rulli in geotessuto sintetico riempiti di tout-venant ghiaioso abbinati a ramaglia viva e morta di salici, tamerici o altre specie con analoghe proprietà vegetative, disposta internamente ad esso nella parte periferica a sostegno o come sottofondo al rullo. La lavorazione prevede lo scavo di un basamento al piede della sponda, la successiva disposizione di ramaglia trasversalmente alla linea di flusso. Sopra la ramaglia viene effettuata la stesura della rete zincata e plastificata (variante a) o del geotessile (variante b) in teli larghi 2-4 m e lunghi secondo necessità e rivestiti internamente con ramaglia. Il tutto viene successivamente riempito con tout- venant ghiaioso, ricoperto con ulteriore strato di ramaglia, chiuso a rullo e cucito con filo di ferro (diametro minimo 2 mm) con eventuale ausilio di mezzi d'opera per diametri vicini ad 1 m. Il rullo così confezionato viene fissato mediante pali d'acciaio di 1-3 m di lunghezza e ø 16-22 mm, battuti attraverso il rullo stesso. La variante a) in rete metallica potrà essere applicata solo in presenza di inerte ghiaioso di riempimento di diametro superiore a 80-120 mm. La difesa in rullo e ramaglia verrà attuata su fondali limosi e fangosi che male sopportano i carichi (es. scogliera) e con fondi movimentati. La collocazione avverrà nel periodo di riposo vegetativo e in modo che la ramaglia di base non si trovi sott'acqua per oltre tre mesi in tale periodo.

Foto H. Zeh

Foto 70 - Rullo con ramaglia viva in fase di costruzione.
Svizzera

Rullo spondale in fibra di cocco	30

SINONIMI

Descrizione sintetica

Cilindri in rete di fibre di cocco o in fibra sintetica e/o metallica zincata e plastificata, riempiti con fibre di cocco a formare dei rulli di diametri da 20 a 60 cm e lunghezza da 3 a 6 m.

Campi di applicazione

Canali in erosione, corsi d'acqua a bassa pendenza, sponde di laghi, aree lagunari

Materiali impiegati

- Pali di legno di castagno o resinosa ø 8-10 cm e L 100-150 cm per una fila di rulli e sponde di piccoli corsi d'acqua; sino a pali ø 18 – 25 cm e L 3 - 5 m per rulli su più file e sponde di corsi d'acqua a profondità sino a 2-3 m;
- Eventuale gabbione cilindrico di fondazione ø 65 cm riempito con ciottoli
- Rulli di cocco ø 50 cm (in genere moduli di 6 m di lunghezza) disposti su una o più file
- Feltro organico o a fibre miste (organiche/sintetiche)
- Ramaglie e fascine vive di salici o tamerici da disporre a raccordo lato sponda;
- Canne e carici

Modalità di esecuzione

1. Infissione dei pali a file irregolari a distanza da 0,30 a 1,00 m e per una profondità di circa 2/3 della lunghezza
2. Eventuale fondazione mediante posa in opera di un gabbione cilindrico riempito con ciottoli
3. Posa in opera dei rulli di cocco, in una o due file sovrapposte a seconda dell'altezza della sponda
4. Stesura eventuale a tergo della difesa spondale longitudinale di feltro organico (o a fibre miste organiche/sintetiche);
5. Messa in opera di fascine o ramaglie vive di salici o tamerici da disporre a raccordo lato sponda;
6. Riempimento con materiale di dragaggio o semplice raccordo con materiale di riporto e successiva riprofilatura della sponda;
7. Messa a dimora sopra i rulli o a contatto con la sponda di pani o rizomi di canna o carici;
8. Semina finale su tutte le superfici di intervento.

Rullo spondale in fibra di cocco	30

Raccomandazioni

* Ad operazione ultimata il rullo superiore deve sporgere per 5 - 10 cm sul livello medio dell'acqua
* In presenza di acqua salmastra e per prolungare la durata dei rulli e della loro azione filtrante, va utilizzato il modello rivestito con rete sintetica o metallica plastificata. Se il riempimento a tergo viene effettuato con materiale di dragaggio, bisogna aspettarne lo sgrondo completo (anche parecchi mesi se si tratta di fanghi) prima di procedere ai movimenti terra e messa a dimora delle piante

Limiti di applicabilità

Eccessiva velocità della corrente e diametro del trasporto solido (ghiaie)

Vantaggi

Protezione immediata della sponda dall'erosione. Rapida esecuzione Poderosa azione filtrante adatta alla ricostruzione di sponde erose con materiale di dragaggio.

Svantaggi

Durata limitata nel tempo, soprattutto in presenza di acqua salmastra. Diventa in tal caso obbligatorio l'impiego di reti sintetiche o addirittura metalliche plastificate di contenimento (se sponde soggette a frequente moto ondoso) e l'abbinamento con ramaglie e fascine di tamerici.

Effetto

Buon effetto di consolidamento, drenaggio e rivegetazione con un materiale di gradevole inserimento visuale e decadimento di medio periodo

Periodo di intervento

Durante il periodo di riposo vegetativo.

Possibili errori

- scelta errata del periodo di realizzazione in funzione della posa del materiale vegetale vivo
- lavorazione durante le piene
- uso di materiali scadenti (le fibre di cocco sono di varie qualità), reti di contenimento non adeguate alle sollecitazioni
- pali frontali di diametro, profondità di infissione e interasse insufficienti

Rullo spondale in fibra di cocco	30

Voce di Capitolato

3.10 Rullo spondale in fibra di cocco

In analogia con i punti precedenti potranno venire realizzati rulli in fibra biodegradabile, in genere in cocco, costituiti da una rete in fibra sintetica o biodegradabile in cocco di maglia massima 60 x 80 mm riempiti in fibra di cocco naturale, con fibre di lunghezza 10-16 cm, di peso secco per metro lineare di rullo tra 4 e 40 kg in funzione del ø da 20 a 60 cm, con una resistenza a pressione di 1,3 tonn/m^2 ed una deformazione da 1,5 a 3,5 cm in funzione del diametro se sottoposti ad un peso di 80 kg. I rulli saranno a moduli cuciti lunghi da 3 a 6 m e e fissati al substrato mediante cucitura con filo di nylon di ø di 5 mm o filo di ferro a pali in legno disposti su una fila esterna al rullo, di diametro e lunghezza funzionali alle caratteristiche di progetto ed al numero di file sovrapposte. In genere per rulli disposti a fila unica si prevedono pali di ø 8-10 cm lunghi 100-150 cm e distanti 80 cm. I rulli stessi potranno essere piantati con specie idonee alle caratteristiche locali, in genere canne, carici e specie salsoresistenti nelle zone ad acqua salmastra. A tergo dei rulli verrà effettuata la messa in opera di fascine o ramaglie vive di salici o tamerici da disporre a raccordo lato sponda.

La durata prevista dei rulli è di 5 - 10 anni ed il progetto dovrà tenere conto della sostituzione della funzione meccanica e di drenaggio del rullo stesso da parte delle specie piantate. Il rullo ad operazione conclusa dovrà sporgere per 5-10 cm sul livello medio dell'acqua.

La lavorazione potrà avvenire durante il periodo di riposo vegetativo, possibilmente in primavera prima della germogliazione.

Sezione Tipo

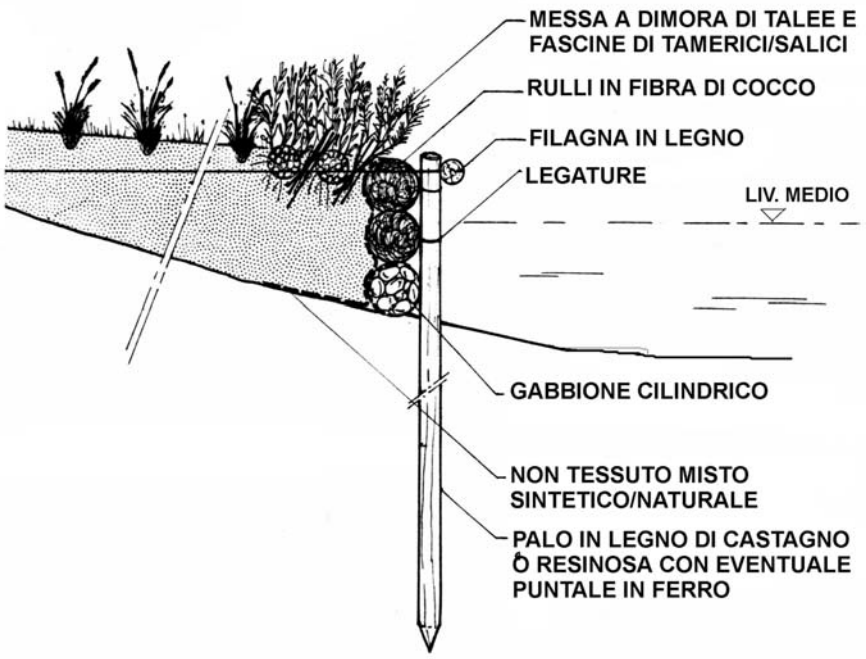


Foto R. Ferrari

Foto 71 - Consolidamento spondale con rullo in fibra di cocco in corso d'opera.
F. Reno (BO)

Foto R. Ferrari

Foto 72 - Consolidamento spondale con rullo in fibra di cocco a fine lavori.
F. Reno (BO)

Rullo spondale in fibra di cocco	30

Foto G. Sauli

Foto 73 - Posa in opera rulli in fibra di cocco per consolidamento sponde in erosione.
F. Natissa (UD)

Gabbionata in rete metallica zincata rinverdita	31

SINONIMI

Descrizione sintetica

Gabbie in rete metallica zincata a doppia torsione e maglia esagonale, riempite in loco con pietrisco di pezzatura minima 15 cm, disposti a file parallele sovrapposte. Talee di salice vengono inserite all'interno dei gabbioni con disposizione irregolare o a file nella prima maglia del gabbione superiore (non tra un gabbione e l'altro).

Campi di applicazione

Difesa longitudinale e/o trasversale di corsi d'acqua; piede di pendii umidi e instabili; versanti in erosione; briglie in golene allagate occasionalmente; sistemi di fitodepurazione; difesa e sostegno di sponde lacustri. Nel loro impiego combinato con piante vive si prestano a varie applicazioni dell'ingegneria naturalistica che sono suscettibili di ulteriori evoluzioni data l'adattabilità dei materiali. Già il loro uso tradizionale presenta notevole plasticità dando adito nel tempo a processi di rinaturazione spontanea.Possono svolgere sia funzione di protezione rispetto all'erosione fluviale ed al contempo sostegno della sponda in caso di instabilità gravitativa. Sono strutture permeabili che non ostacolano la filtrazione dell'acqua da e verso le sponde. Vanno utilizzate verificandone la stabilità rispetto alle tensioni di trascinamento dovute all'azione dell'acqua ; la resistenza dipenderà dalla presenza della rete metallica e dalla pezzatura del materiale di riempimento. In genere se ne scopnsiglia l'uso in presenza di trasporto solido intenso caratterizzato da materiale di grosse dimensioni. Vengono impiegate per costruire strutture di sostegno a gravità caratterizzate da una elevata flessibilità e permeabilità. Vanno dimensionati come opere di sostegno eseguendo sia le verifiche di moto rigido che quelle di stabilità interna.

Materiali impiegati

- ciottoli di fiume ø 15÷30 cm o pietrame
- scatolare in filo di acciao zincato (e plastificato se a contatto con l'acqua), maglia tipo. 8 x 10 a doppia torsione
- filo di ferro zincato ø 2,2 mm o punti metallici meccanizzati in acciaio ø 3,0 mm
- talee di salice di L tale da toccare il terreno naturale dietro il gabbione, in genere 1,5 – 2 m e di ø min 2 cm

Gabbionata in rete metallica zincata rinverdita	31

Modalità di esecuzione:

.

1. preparazione dello scavo del piano di fondazione su cui posare lo scatolare prefabbricato, sua apertura e messa in scatola con la chiusura dei lati verticali, utilizzando filo di ferro ø 2.2 mm, oppure punti metallici applicati con un'apposita -apparecchiatura pneumatica o manuale
2. riempimento con ciottoli, può essere effettuato meccanicamente ma il pietrame deve essere sistemato a mano in modo da ottenere un buon addensamento. Per garantire che la struttura non si deformi eccessivamente durante il riempimento, si mettono in opera due livelli di tiranti, realizzati col filo metallico di legatura, spaziati di 30 cm sia in senso orizzontale che verticale.
3. chiusura della parte sommitale
4. posizionamento della successiva fila di gabbioni, arretrata rispetto a quella sottostante di 0,50 m
5. inserimento di talee e ramaglia di salice nella prima maglia, di lunghezza tale da toccare il terreno retrostante e inserite in corso d'opera. E' impossibile inserirle a posteriori.

inserimento di talee e ramaglia di salice di lunghezza tale da toccare il terreno retrostante e inserite in corso d'opera (è impossibile inserirle a posteriori) a file nella prima maglia del gabbione o a disposizione più o meno irregolare (in genere su due file) durante il riempimento da effettuare in tre strati

.

Raccomandazioni

* siccome i gabbioni vengono impiegati in ambito fluviale, per evitare erosione al piede di sponda, è necessario predisporre prima della posa dei gabbioni stessi una idonea fondazione prolungatesi verso il centro alveo (materasso); in qualche caso può essere usato un letto di ramaglia morta al di sotto del livello di magra o di ramaglia viva al di sopra.
* la platea deve sporgere generalmente 1.5 volte la profondità massima di erosione prevedibile.
* ramaglie e talee vanno al meglio sistemate in corso d'opera a disposizione irregolare all'interno del gabbione, se il riempimento viene fatto manualmente, o file se il riempimento è meccanico
* le talee dovranno essere potate a 10 – 15 cm circa dalla superficie del gabbione

Limiti di applicabilità

Aste torrentizie con velocità della corrente superiore a 6 m/sec e/o piene frequenti con trasporto solido molto grossolano
Aste terminali su suoli limoso-sabbiosi

Vantaggi

Tecnica di esecuzione rapida e semplice, effetto contenitivo immediato, utilizzo di materiali locali, opera di sostegno permeabile all'acqua e flessibile

Svantaggi

Per un rinverdimento rapido bisogna mettere a dimora le piante in corso d'opera, non si può intervenire successivamente; la realizzazione si basa sulla disponibilità in loco di idoneo materiale lapideo per i riempimenti; l'uso di materiale litoide alloctono incrementa i costi e non è coerente con il principio dell'impiego di risorsa locale e l'effetto paesaggistico

Gabbionata in rete metallica zincata rinverdita	31

Effetto

Struttura di sostegno elastica, molto adatta per sistemazioni di sponde a forte pendenza in spazi limitati; l'uso dei ciottoli locali garantisce una coerenza visuale della struttura; nell'arco di 1 – 2 anni le radici dei salici aumentano la stabilità della struttura stessa che viene anche mascherata dallo sviluppo delle parti aeree.

Periodo di intervento

Durante il riposo vegetativo

Possibili errori

- non si realizzano i tiranti e si assesta male il pietrame ed i gabbioni si deformano in fase di riempimento
- se si realizzano opere di sostegno non si deve sgradonare la parte posteriore del muro
- nei muri alti è bene mettere gabbioni di spessore 0.5 m alla base per contenere le deformazioni
- nelle opere fluviali si debbono sempre proteggere le opere di sostegno dallo scalzamento con paltee in materassi o approfondendo adeguatamente il piano di fondazione"
- mancato inserimento di talee e ramaglie di salice
- esecuzione fuori stagione con scarse possibilità di attecchimento
- errato verso di inserimento delle talee
- inserimento delle ramaglie tra i gabbioni con possibile "strozzatura"delle piante
- uso di materiale litoide alloctono
- esaltazione del geometrismo ("effetto muraglia") con strutture troppo regolari per lunghi tratti

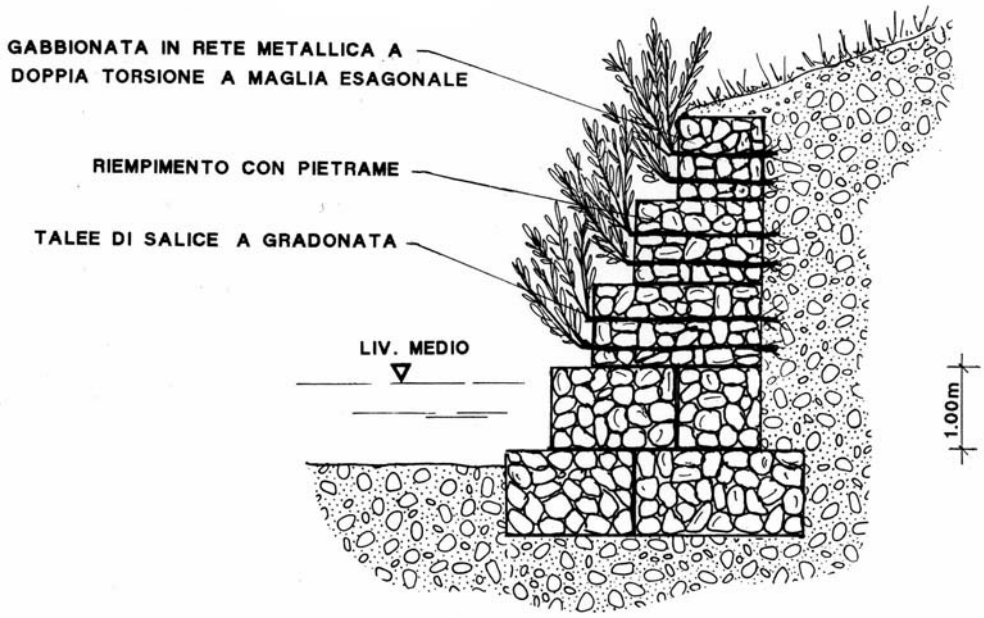
Voce di Capitolato

3.13 Gabbionata in rete metallica zincata rinverdita

Formazione di gabbionata in rete metallica a doppia torsione a maglie esagonali tessuta con trafilato d'acciaio, tipo 8x10, conforme alle norme EN 10223-3. Il filo d'acciaio con diametro 2.70 mm avrà carico di rottura compreso fra 350 e 550 N/mmq e allungamento minimo pari al 10%, sarà protetto con galvanizzazione in lega si Zn (5%)Al- Cerio-Lantanio (conforme alla norma EN 10244 – Classe A). In caso di ambiente chimicamente aggressivo il filo sarà rivestito con materiale plastico plastico con spessore minimo di 0,5 mm in modo da ottenere un diametro complessivo minimo del filo 3,7 mm. Gli scatolari metallici verranno assemblati e collegati tra di loro, utilizzando sia per le cuciture che per i tiranti un filo con le stesse caratteristiche di quello usato per la fabbricazione della rete ed avente diametro pari a 2.2 mm; l'operazione verrà compiuta in modo da realizzare una struttura monolitica e continua. Nel caso di utilizzo di punti metallici meccanizzati per le operazioni di legatura, questi saranno costituiti sempre in acciaio rivestito con lega Zinco-Alluminio (5%)-Cerio-Lantanio con diametro 3,00 mm e carico di rottura minimo pari a 170 Kg/mmq. Gli scatolari una volta assemblati devono venire riempiti in loco con pietrame di pezzatura non inferiore ad una volta e mezzo la dimensione minima della maglia,. Gli scatolari prismatici hanno varie dimensioni: altezza (0,5 ÷ 1 m profondità 1 m lunghezza 2÷4 m). L'abbinamento con le piante prevede l'inserimento di talee di specie arbustive dotate di capacità di riproduzione vegetativa, poste all'interno del gabbione o nella prima serie di maglie del gabbione soprastante in fase di costruzione. Le talee dovranno attraversare completamente il gabbione ed essere inserite nel terreno dietro il gabbione stesso per una profondità che dia garanzia di crescita. Tale operazione potrà avvenire solo durante il periodo di riposo vegetativo

Gabbionata in rete metallica zincata rinverdita	31

Sezione Tipo



Vista prospettica

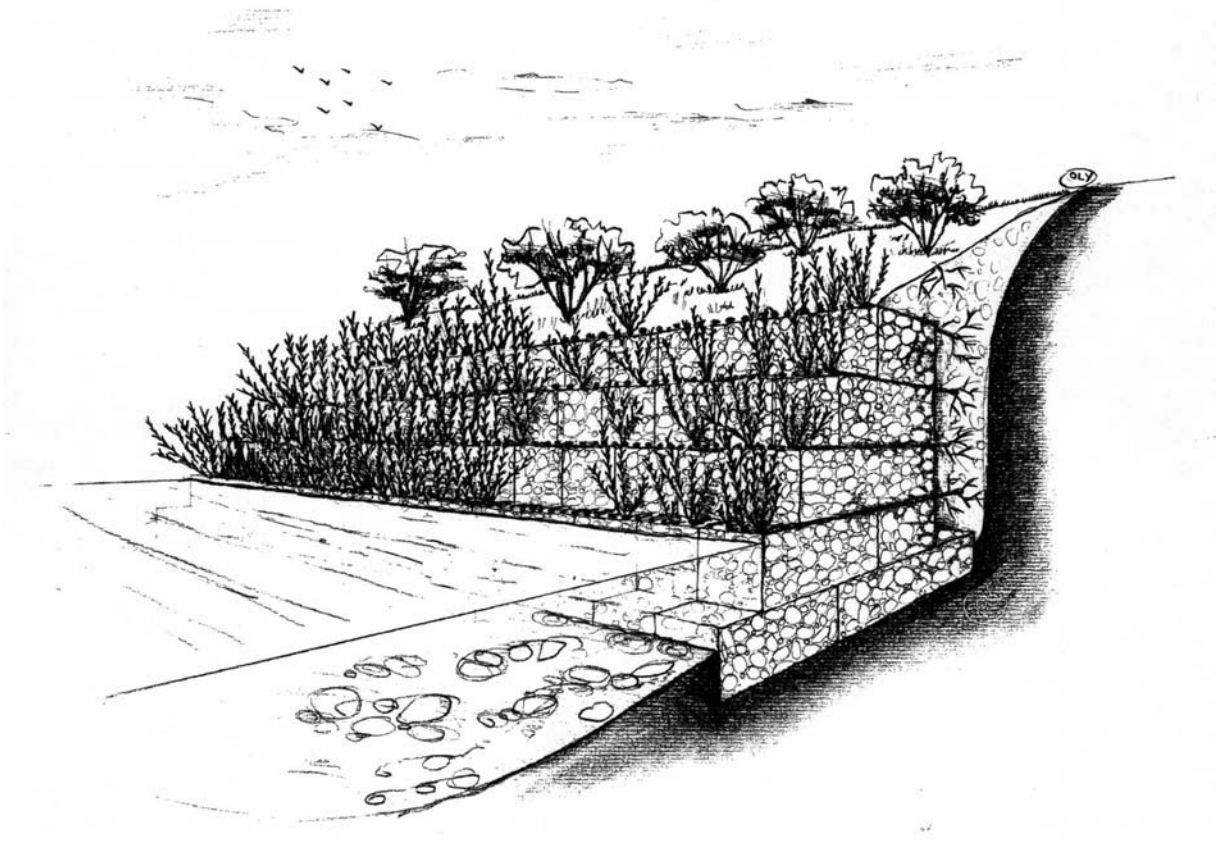


Foto G. Sauli

Foto 74 - Gabbionate rinverdite con talee di salice disposte su file, nella prima maglia inferiore dei gabbioni
Rio Valleluce Cassino (FR)

Foto G. Sauli

Foto 75 - Gabbionate rinverdite con talee di salice disposte su file, nella prima maglia inferiore dei gabbioni. Dopo un anno.
Rio Valleluce Cassino (FR)

Foto G. Sauli

Foto 76 - Talee di salice disposte all'interno delle gabbionate con disposizione irregolare. T. Mutino (PS)

Materasso spondale in rete metallica rinverdito	32

SINONIMI

Descrizione sintetica

Moduli prefabbricati in rete metallica zincata, con spessore di minimo 0,17 cm. Rivestiti nella parte superiore con geostuoia o biofeltri vengono riempiti con materiale inerte. I moduli e le parti dei moduli vengono assemblati con punti metallici in acciaio zincato, in modo tale da costituire una struttura monolitica, Alcuni moduli non soggetti a sommersione, possono essere riempiti con terreno vegetale.Vengono effettuate sulla superficie semina e messa a dimora di talee, rizomi, cespi e arbusti radicati di specie autoctone, previo taglio di alcune maglie della rete nella parte che rimane al di fuori del livello medio di piena.

Campi di applicazione

Sponde di fiumi e canali con energia idraulica significativa: svolgono funzione di protezione rispetto all'erosione fluviale. Sono strutture permeabili che non ostacolano la filtrazione dell'acqua da e verso le sponde. Vanno utilizzate verificandone la stabilità rispetto alle tensioni di trascinamento dovute all'azione dell'acqua; la resistenza dipenderà dalla presenza della rete metallica e dalla pezzatura del materiale di riempimento. In genere se ne sconsiglia l'uso in presenza di trasporto solido intenso caratterizzato da materiale di grosse dimensioni.
Sponde in roccia con pendenze massime fino a 45-50°.
Rivestimento alvei di corsi d'acqua.

Materiali impiegati

- Moduli prefabbricati in rete metallica zincata con maglia tipo 6 x 8, filo ø 2,2 mm, eventualmente plastificato. I moduli hanno larghezza minima 1 m e spessore minimo 0,17 cm
- All'interno sono foderati con stuoie sintetiche o in fibra vegetale. con funzione di filtro e ritenzione ritentori di fini L'impiego di geotessili non tessuti sintetici, che non consentono la radicazione delle piante, va limitato alle parti sommerse.
- Filo di ferro zincato ø 2.0 mm o punti metallici meccanizzati in acciaio ø 3.0 mm
- Materiale di riempimento: inerte misto a terreno vegetale
- Nelle applicazioni su pendio a forte inclinazione (40-50°) si usano barre metalliche di lunghezza e diametro dipendenti dalla condizione del substrato per ancorare la struttura
- Geostuoia tridimensionale o biostuoia per il controllo dell'erosione superficiale
- Miscela di sementi per idrosemina
- Talee di salici, tamerici, ecc.
- Specie arbustive autoctone

Materasso spondale in rete metallica rinverdito	32

Modalità di esecuzione

1. Preparazione del piano di posa mediante scavi e movimenti terra
2. Allestimento dei materassi e unione dei vari moduli mediante impiego di punti metallici meccanizzati o filo metallico
3. Se necessario, su scarpate ripide, ancoraggio al substrato con barre metalliche in quantità e qualità tali da garantire aderenza e stabilità del materasso al substrato
4. Riempimento con pietrame nelle parti soggette a sommersione
5. Nella parte fuori livello medio di sommersione riempimento con pietrame intasato con terreno vegetale–e rivestimento superficiale con biostuoia o con stuoie sintetiche tridimensionali; se necessario proteggere il terreno della sponda posando un geotessile non tessuto filtrante prima della messa in opera del materasso.
6. Chiusura del materasso nella parte superiore
7. Semina a spaglio o idrosemina
8. Messa a dimora di talee e arbusti, previo taglio di alcune maglie della rete,

Raccomandazioni

* Le talee devono avere una lunghezza tale da passare attraverso l'intera struttura ed inserirsi nel terreno retrostante, in modo tale che venga assicurata la radicazione in profondità. La lunghezza non dovrà essere inferiore a 0,6 - 0,8 m.
* La parte fuori terra delle talee dovrà essere potata a circa 10-15 cm dalla superficie del materasso
* Talee e arbusti vanno inseriti in preferenza in concomitanza di substrati in roccia sciolta (ghiaie, sabbie)

Limiti di applicabilità

Aste torrentizie con velocità della corrente superiore a 6 m/sec e diametro di trasporto solido superiore a 20 cm
Aste terminali su suoli limoso-sabbiosi
Sponde con pendenza superiore a 2/3

Vantaggi

I materassi hanno un'elevata durata temporale. Si adattano alla morfologia di sponde, alvei, scarpate e vengono in tempi brevi rivegetati e riassorbiti nelle morfologie che diventano naturaliformi. Possono essere impiegati anche per il rinverdimento di scarpate sino a 45° di pendenza, salvo opportune chiodature di fissaggio.

Svantaggi

Difficilmente piantabile una volta posto in opera e quindi la costruzione ha un vincolo stagionale legato ai periodi di messa a dimora delle talee; la realizzazione si basa sulla disponibilità in loco di idoneo materiale lapideo per i riempimenti; l'uso di materiale litoide alloctono incrementa i costi e non è coerente con il principio dell'impiego di risorsa locale e l'effetto paesaggistico In scarpate con pendenza superiore a 45° l'apporto idrico da acque meteoriche risulta insufficiente, pertanto diviene necessario adottare un impianto di irrigazione, specialmente in zone caratterizzate da lunghi periodi di aridità.

Materasso spondale in rete metallica rinverdito	32

Effetto

Immediato rivestimento di sponde e scarpate, rinverdibili nel breve tempo per la crescita delle talee e del cotico erboso.

Periodo di intervento

La raccolta e l'inserimento di materiale vegetale vivo deve avvenire durante il periodo di riposo vegetativo.

Possibili errori

- Insufficiente ancoraggio dei materassi alla scarpata
- Sponda con pendenza eccessiva
- Riempimento con materiale di pezzatura non idonea
- Impiego di non tessuti sintetici che impediscono la radicazione
- mancato inserimento di talee e ramaglie di salice
- esecuzione fuori stagione con scarse possibilità di attecchimento
- errato verso di inserimento delle talee
- uso di materiale litoide alloctono
- esaltazione del geometrismo con strutture troppo regolari per lunghi tratti

Materasso spondale in rete metallica rinverdito	32

Voce di Capitolato

3.14 Materasso spondale in rete metallica rinverdito

a) spondale

b) su scarpata

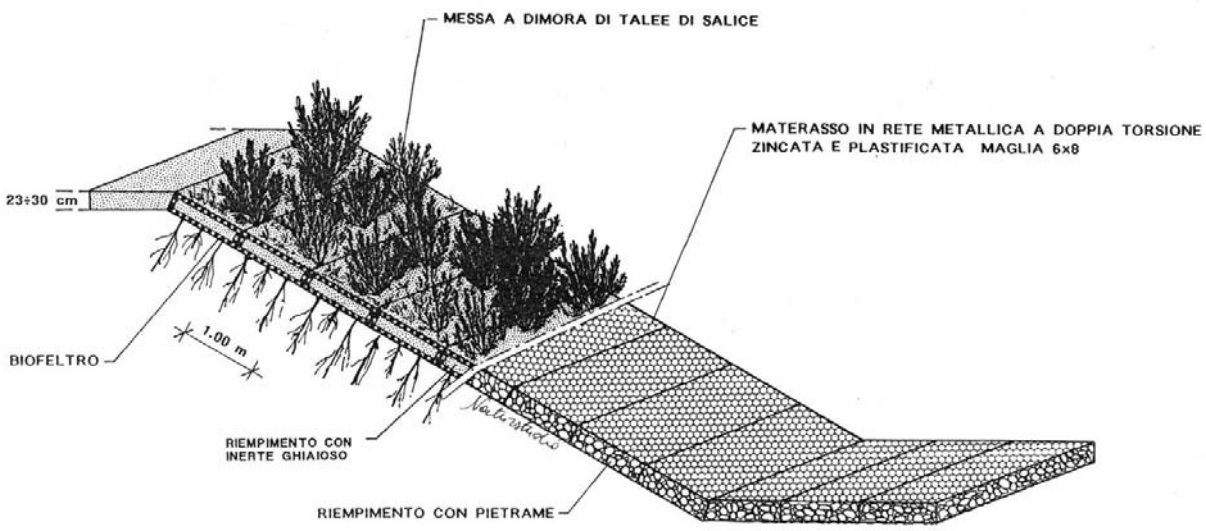
Formazione di rivestimento in materasso verde con spessore pari a 0.17 m- 0.23 m- 0.30 m, a seconda della tipologia scelta. in moduli di larghezza minima di 2 m, fabbricati con in rete metallica a doppia torsione con maglia esagonale tipo 6x8 in accordo con le UNI-EN 10223-3, tessuta con trafilato di ferro, conforme alle UNI-EN 10223-3 per le caratteristiche meccaniche e UNI-EN 10218 per le tolleranze sui diametri, avente carico di rottura compreso fra 350 e 550 N/mmq e allungamento minimo pari al 10%, avente un diametro pari a 2.20 mm , galvanizzato con lega eutettica di Zinco-Alluminio (5%)-Cerio-Lantanio conforme alla EN 10244 – Classe A e ASTM 856-98 con un quantitativo non inferiore a 245 g/mq se del caso ricoperto da un rivestimento plastico di PVC di spessore minimo 0,5 mm e diametro complessivo del filo non inferiore a 3,2 mm, foderati sul fondo in geotessuto sintetico o in fibra vegetale ritentore di fini del riempito con pietrame ed eventualmente intasato con ~~i~~ terreno vegetale e/o materiale sciolto con caratteristiche fisico-idrologiche, chimiche ed organiche tali da favorire la germinazione e la crescita delle piante. Nei rivestimenti non a contatto con acqua si può usare solo terreno vegetale. La copertura esterna sarà realizzata con rete metallica dello stesso tipo abbinata ad una georete tridimensionale, a biostuoia o a un biofeltro in fibra vegetale di minimo 800 g/m^2 eventualmente preseminato e preconcimato. A chiusura avvenuta il materasso verrà ulteriormente seminato o idroseminato in superficie e piantato con talee, rizomi, cespi e arbusti radicati di specie autoctone. Le operazioni in verde verranno eseguite nelle stagioni idonee.

a) spondale: verrà adottata in condizioni di pressione idraulica significativa su sponde di fiumi e canali con pendenza massima 2/3. Nella zona di sponda sotto il livello medio delle acque devono essere riempiti con solo pietrame, al di sopra di tale livello con pietrame misto a terreno. Il geosintetico filtrante è necessario solamente quando la velocità residua dell'acqua sotto il materasso è tale da erodere il terreno di sponda.

b) su scarpata: prevede la collocazione su pendio, in genere in roccia, su pendenze massime di 45°anche di singoli materassi, in genere di minimo 0,2 x 1 x 2 m, fissati mediante barre metalliche di lunghezza e diametro atti a garantire l'aderenza e la stabilità del materasso stesso. L'impiego su scarpata è giustificato in condizioni di pendenza e substrato tali da non consentire altri interventi a verde. Il valore soglia di 45°è condizionato dall'apporto di acque meteoriche che a valori superiori diventa insufficiente oltre che dalla possibilità di effettuare il riempimento senza che il terreno scivoli fuori.. La messa a dimora di specie arbustive prevede il taglio di alcune maglie della rete nella parte superficiale. Va accuratamente effettuata la selezione delle specie pioniere xeroresistenti autoctone e ove necessario (nelle regioni centro meridionali e in esposizione Sud) adottato un impianto di irrigazione di soccorso per i primi due cicli stagionali sino ad affrancamento avvenuto delle piante.

Materasso spondale in rete metallica rinverdito	32

Sezione Tipo



Vista prospettica

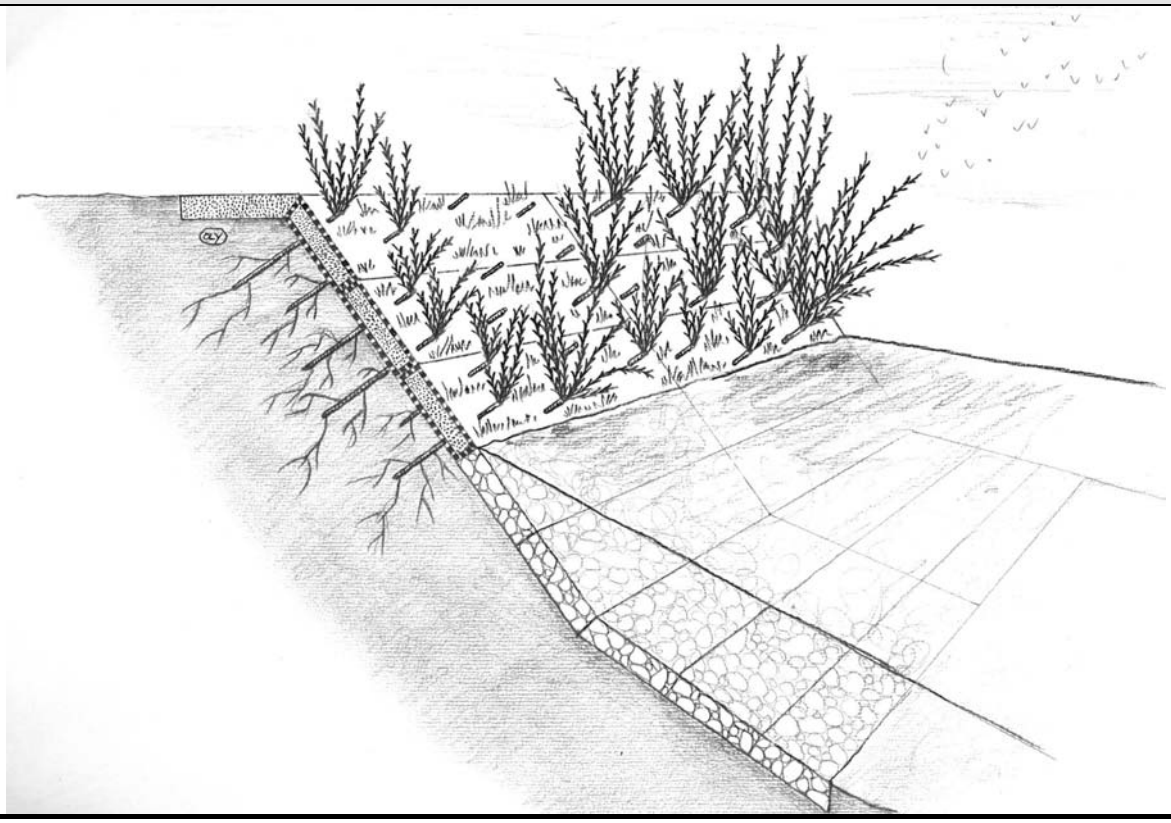


Foto G. Sauli

Foto 77 - Materassi rinverditi di rivestimento spondale
F. Fella (UD)

Foto G. Sauli

Foto 78 - Particolare materassi rinverditi di rivestimento spondale con messa a dimora di talee
F. Fella (UD)

Foto G. Sauli

Foto 79 - Materassi rinverditi di rivestimento spondale dopo sei mesi.
F. Fella (UD)

Foto G. Sauli

Foto 80 - Messa a dimora di arbusti su materassi rinverditi.
Ridracoli (FO)

Terra rinforzata rinverdita	33

SINONIMI

Descrizione sintetica

Opera di sostegno realizzata mediante l'abbinamento di materiali di rinforzo in reti sintetiche o metalliche plastificate, inerti di riempimento e rivestimento in stuoie sul fronte esterno, tali da consentire la crescita delle piante. La stabilità sotto il profilo statico della struttura, è garantita dal peso stesso del terreno consolidato internamente dai rinforzi; la stabilità superficiale dell'opera è assicurata dalle stuoie sul paramento e dalle piante

Campi di applicazione

Consolidamento di sponde, argini. Sostegno di scarpate in riporto.
Modellamento e ricostruzione di sponde e versanti nei casi di spazio limitato

Materiali impiegati

- Teli in reti sintetiche o metalliche zincate e plastificate
- Stuoie organiche o sintetiche
- Casseri in rete metallica elettrosaldata
- Punti metallici
- Materiale inerte di riempimento
- Terreno vegetale
- Talee vive di salice
- Arbusti radicati
- Idrosemine normali o a spessore

Modalità di esecuzione

1. Formazione di un piano di fondazione per la posa degli elementi. Nei sistemi assemblati in opera si poseranno in successione: cassero a perdere o a recuperare, rinforzi e geosintetico antierosivo. Nei sistemi prefabbricati tutti gli elementi sono preassemblati ed in cantiere vengono posati in un'unica soluzione; nelle terre rinforzate spondali l'elemento antierosivo sarà sempre costituito da una geostuoia tridimensionale.
2. Inserimento delle talee di salice, tamerice, ecc. nella maglia inferiore e passanti la struttura.
3. Riempimento con materiale inerte di diametro superiore a quello della maglia della rete, compattazione, per strati di circa 30 cm, del terreno per la formazione del rilevato strutturale. Il materiale di riempimento viene lavorato a strati successivi e ogni strato viene ben compattato con un mezzo meccanico
4. L'inserimento di una stuoia a tergo del cassero in rete metallica garantisce il trattenimento del materiale più fino, pur con il mantenimento dell'effetto drenante della struttura. Per terre rinforzate spondali la biostuoia verrà sostituita con una stuoia sintetica tridimensionale.
5. Riempimento nella parte frontale con terreno vegetale per uno spessore minimo di 50 cm.
6. Messa a dimora di arbusti radicati previo taglio di alcune maglie.
7. I moduli superiori e laterali vengono assicurati tra loro con punti metallici o cuciture adeguati.
8. Al termine della realizzazione della struttura viene eseguita una idrosemina, molto ricca di mulch in fibra di legno o paglia e di torba (idrosemina a spessore).

Terra rinforzata rinverdita	33

Raccomandazioni

- Per un miglior risultato la raccolta e l'inserimento di materiale vegetale vivo deve avvenire durante il periodo di riposo vegetativo.
- Le talee devono al meglio avere una lunghezza tale da passare attraverso l'intera struttura e toccare il terreno retrostante, e comunque lunghezza non inferiore a 1,5-2 m.
- Per una buona riuscita della vegetazione le talee devono essere inserite in fase di costruzione e poste alla base di ogni modulo.
- Nel caso di forzata messa a dimora a posteriori delle talee, esse devono comunque essere inserite nella stagione adatta successiva alla costruzione. L'inserimento dovrà avvenire rispettando il verso di crescita e per almeno 50 cm di profondità. La parte fuori terra dovrà essere potata a circa 10-15 cm.
- Il terreno di riempimento dovrà essere addensato sino a raggiungere il 95% della densità massima in condizioni di umidità ottimale secondo Proctor modificato.

Limiti di applicabilità

Per garantire l'attecchimento e la crescita delle piante e del cotico erboso, i fronti dovranno avere pendenza massima di 60°, per consentire l'apporto di acque meteoriche.
Il solo cotico erboso deperisce nel tempo e non garantisce la funzione antierosiva del cuneo di terra vegetale, che tende a dilavarsi quando le stuoie perdono la loro funzione, risulta pertanto indispensabile l'inserimento di talee e arbusti radicati.

Vantaggi

I manufatti risultano avere un'elevata durata temporale. La costruzione per moduli consente di ottenere illimitate forme, adattate alle condizioni locali del terreno. È la struttura artificiale a miglior resa per la rivegetazione.

Svantaggi

Le strutture di grandi dimensioni sono caratterizzate da elevati ingombri
È necessario reperire materiale di riempimento con caratteristiche geotecniche idonee. Se questo dovesse risultare coesivo con contenuto d'acqua non idoneo è necessario usare rinforzi drenanti.

Effetto

Struttura di sostegno molto adatta per sistemazioni spondali a forte pendenza in spazi limitati o in vicinanza di infrastrutture viarie. La plasticità delle morfologie realizzabili e la totale rivegetabilità ne fanno una delle tecniche più facilmente reinseribili nel paesaggio a parità di funzionalità di consolidamento

Periodo di intervento

Il materiale vivo dovrà essere inserito nel periodo di riposo vegetativo.
La struttura delle terre rinforzate può essere realizzata in qualsiasi momento dell'anno anche se è raccomandabile l'inserimento delle talee e la piantagione di arbusti in fase di costruzione.

Possibili errori

- scelta errata del periodo per la posa di materiale vegetale vivo
- mancata piantagione di specie arbustive
- mancato o scarso inserimento del cuneo di terreno vegetale sul fronte esterno
- mancata o scarsa rullatura e conseguenti cedimenti di assestamento dei terrapieni
- mancato rispetto del limite di inclinazione del fronte, eccessiva verticalità
- fondazioni poco profonde o non protette dallo scalzamento
- insufficiente lunghezza e frequenza dei teli in rapporto alle loro caratteristiche (necessità di calcolo della stabilità)

Terra rinforzata rinverdita	33

Voce di Capitolato

3.15 Terra rinforzata rinverdita

a) con geosintetici
b) con griglia metallica e geosintetici
c) con griglia e armatura metallica
d) con rete metallica a doppia torsione

Formazione di opere di sostegno in terra rinforzata abbinando materiali di rinforzo di varia natura con paramenti sul fronte esterno realizzati in modo da consentire la crescita delle piante.
Ciò si ottiene con varie tecnologie ma secondo le seguenti prescrizioni generali:

- pendenza massima del fronte esterno di max 60° per consentire alle piante di ricevere almeno in parte l'apporto delle acque meteoriche;
    - presenza di uno strato di terreno vegetale verso l'esterno a contatto con il paramento;
    - rivestimento verso l'esterno con una stuoia sintetica o organica che trattenga il suolo consentendo la radicazione delle piante erbacee;
- idrosemina con miscele adatte alle condizioni di intervento con quantità minima di seme di 60 g/m^2, collanti, ammendanti, concimanti e fibre organiche (mulch) in quantità tali da garantire la crescita e l'autonomia del cotico erboso. A miglior garanzia di riuscita del cotico erboso le stuoie frontali dovranno, ove tecnicamente possibile, essere preseminate e preconcimate;
- messa a dimora di specie arbustive pioniere locali per talea (10 x m lineare per ogni strato)o piante radicate in quantità minima di 1 ogni m^2, che svolgono nel tempo le seguenti funzioni: consolidamento mediante radicazione dello strato esterno della terra rinforzata; copertura verde della scarpata con effetto combinato di prato-pascolo arbustato che più si avvicina agli stadi vegetazionali delle scarpate naturali in condizioni analoghe; raccolta e invito delle acque meteoriche, sopperendo in tal modo all'eccessivo drenaggio dell'inerte e all'eccessiva verticalità
- realizzazione di un sistema di drenaggio a tergo della struttura in terra rinforzata che non impedisca però la crescita delle radici.

L'impiego delle specie arbustive sulle terre rinforzate va considerato quindi una condizione indispensabile per dare autonomia naturalistica, stabilità superficiale e collaudabilità a questo tipo di interventi.
Per le terre rinforzate a paramento vegetato valgono, e devono essere parte integrante della progettazione, i principi statici e costruttivi delle terre rinforzate con particolare riferimento a: verifica di stabilità interna in assenza di pressioni interstiziali, verifica di stabilità esterna (schiacciamento del terreno di fondazione, ribaltamento, scivolamento lungo il piano di base) e quella globale dell'insieme struttura terreno; dimensionamento opportuno dei materiali di rinforzo in funzione della tensione ammissibile e di esercizio della struttura in relazione all'altezza e profondità della terra rinforzata, spessore degli strati, pendenza, caratteristiche del rilevato; selezione degli inerti in base alle loro caratteristiche geomeccaniche e di drenaggio; compattazione degli stessi a strati di spessore massimo 0,4 m mediante bagnatura e rullatura con rullo vibrante con raggiungimento del fattore di compattazione almeno pari al 95% dello standard Proctor.

a) con geosintetici: per il rinforzo delle terre vengono utilizzati geosintetici costituiti da fibre di varia natura (poliestere, polietilene, polipropilene, etc). Nella specifica del materiale di rinforzo da impiegare oltre alle caratteristiche fisiche quali resistenza a trazione (superiore a 30 KN/m) ed allungamento in condizioni di esercizio compatibile con le deformazioni della struttura rinforzata, dovrà essere indicato il valore di tensione ammissibile del materiale che tenga in considerazione la natura del polimero, la qualità delle fibre impiegate, il comportamento al creep del materiale, il danneggiamento meccanico, chimico ed ai raggi UV e la durata di esercizio dell'opera: tali caratteristiche dovranno essere documentate con certificazioni di qualità in conformità alla normativa vigente. In tal caso il geosintetico, oltre a fungere da rinforzo orizzontale, viene ripiegato a sacco a chiudere frontalmente il materiale di riempimento. II contenimento durante la rullatura è garantito da casseri mobili, il cui posizionamento a scalare verso l'alto determinerà la pendenza finale del fronte. L'impiego di geosintetici a maglia aperta è migliorativo in funzione della crescita delle piante e del cotico erboso. Per problemi di trattenimento dello strato di terreno vegetale fronte esterno vengono abbinati al geosintetico georeti tridimensionali sintetiche o biofeltri e biostuoie in fibra vegetale.

b) con griglia metallica e geosintetici: i rinforzi del rilevato sono costituiti da un geosintetico con resistenza a trazione non inferiore a 30 KN/m; sul fronte esterno viene posizionata una rete metallica elettrosaldata che funge da cassero con maglie differenziate di e da 6 mm a 9 mm; la rete metallica è rivestita da un geotessile composito per il trattenimento del terreno e base d'appoggio della vegetazione che dovrà consentire la trasparenza alla radicazione delle piante erbacee; lo spessore degli strati non potrà superare i 65 cm. Le specifiche del geosintetico di rinforzo devono presentare caratteristiche conformi al punto a).

c) con griglia e armatura metallica: le armature vengono realizzate con lamine metalliche di lunghezza variabile, ad aderenza migliorata mediante rilievi trasversali in numero non inferiore a 24/m su entrambe le facce, in acciaio zincato a caldo di sezione minima di 5 x 45 mm vincolate a griglie frontali in rete metallica elettrosaldata inclinata di circa 63°, che funge da cassero, in acciaio zincato a caldo con maglia minima di 10x10 cm di diametri differenziati da 6 mm a 14 mm, rivestite all'interno da una biostuoia o da un biofeltro e/o da una geostuoia tridimensionale in materiale sintetico con elevate caratteristiche di resistenza agli agenti chimici e atmosferici

d) con elementi preassemblati in rete metallica a doppia torsione: il paramento esterno (max 60°) elementi di armatura planari orizzontali, costituiti da rete metallica a doppia torsione con maglia esagonale tipo 8x10 in accordo con le UNI-EN 10223-3, tessuta con trafilato di ferro, conforme alle UNI-EN 10223-3 per le caratteristiche meccaniche e UNI-EN 10218 per le tolleranze sui diametri, avente carico di rottura compreso fra 350 e 550 N/mmq e allungamento minimo pari al 10%, avente un diametro pari a 2.70 mm , galvanizzato con lega eutettica di Zinco-Alluminio (5%)-Cerio-Lantanio conforme alla EN 10244 – Classe A e ASTM 856-98 con un quantitativo non inferiore a 255 g/mq. Oltre a tale trattamento il filo sarà ricoperto da un rivestimento di materiale plastico di colore grigio che dovrà avere uno spessore nominale non inferiore a 0,5 mm, portando il diametro esterno ad almeno 3,70 mm. Ogni singolo elemento è provvisto di barrette di rinforzo in lega eutettica Zinco-Alluminio (5%)-Cerio-Lantanio e plasticate di diametro 3,4 mm interno e 4,4 mm esterno, inserite all'interno della doppia torsione delle maglie, nella parte di rete che viene risvoltata in corrispondenza del paramento. Il paramento in vista sarà provvisto inoltre di un elemento di irrigidimento interno assemblato in fase di produzione in stabilimento, costituito da un ulteriore pannello di rete elettrosaldata con maglia

15x15 e diametro 8 mm e da un geocomposito antierosivo in fibra naturale. Il paramento sarà fissato con inclinazione a 60°, per mezzo di elementi a squadra realizzati in tondino metallico e preassemblati alla struttura. Gli elementi di rinforzo contigui, saranno posti in opera e legati tra loro con punti metallici meccanizzati in lega eutettica Zinco-Alluminio (5%)-Cerio-Lantanio con diametro 3,00 mm e carico di rottura minimo pari a 170 kg/mq..

Sezione Tipo

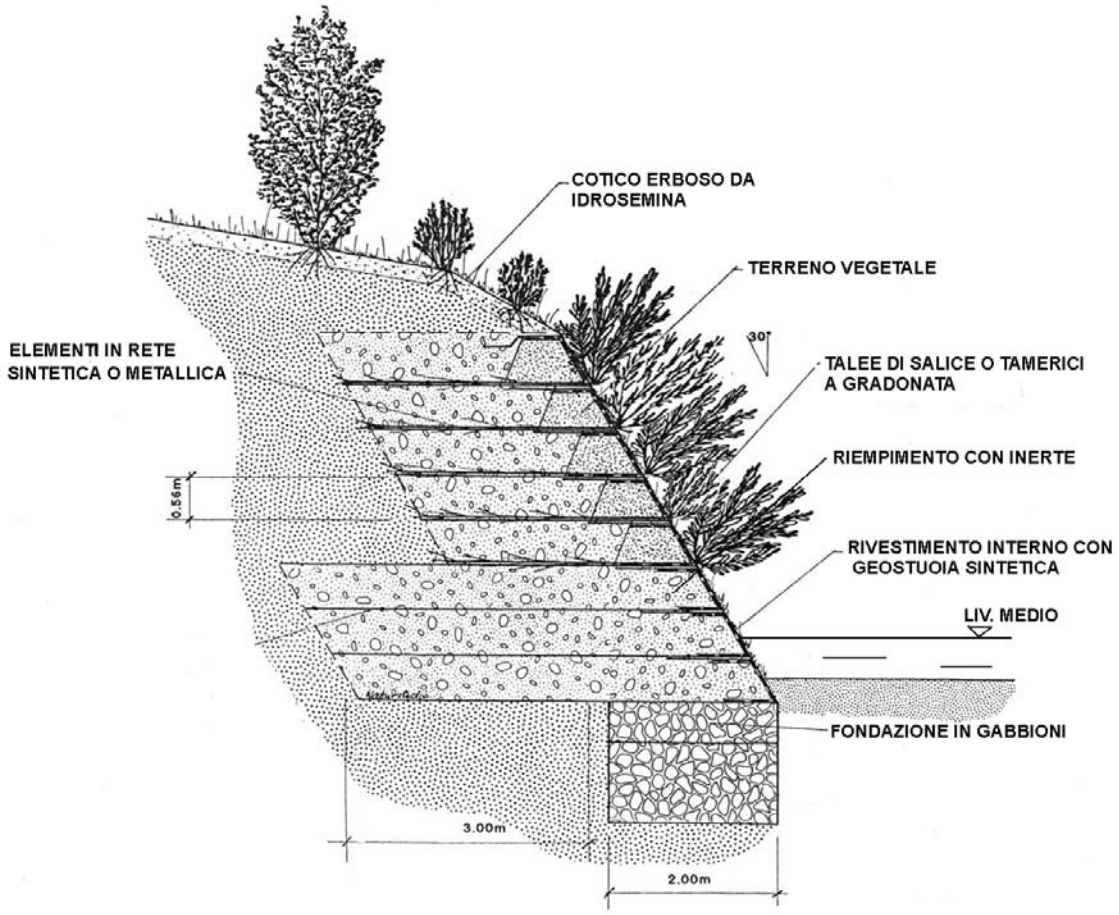


Foto G. Sauli

Foto 81 - Terra rinforzata verde.
Rinaturalizzazione tratto precedentemente canalizzato e cementato.
Fiume Fella (UD).

Foto G. Sauli

Foto 82 - Terra rinforzata verde dopo sei mesi.
Rinaturalizzazione tratto precedentemente canalizzato e cementato.
Fiume Fella (UD).

Foto G. Sauli

Foto 83 - Terra rinforzata verde dopo un anno durante una piena autunnale.
Rinaturalizzazione tratto precedentemente canalizzato e cementato.
Fiume Fella (UD).

Foto G. Sauli

Foto 84 - Terra rinforzata verde dopo un anno e mezzo.
Rinaturalizzazione tratto precedentemente canalizzato e cementato.
Fiume Fella (UD).

Rampa a blocchi	34

SINONIMI	

Descrizione sintetica

Consolidamento del fondo dell'alveo di un fiume in pietrame di grosse dimensioni in sostituzione delle briglie in tratti di salto. Tale struttura risulta più funzionale anche alla risalita dei pesci.
Può essere realizzata sia come by-pass laterale a una briglia, sia come fondazione alla base di una briglia, sia lungo l'alveo del corso d'acqua in alternativa ad una briglia.

Campi di applicazione

Alvei di corsi d'acqua a pendenza medio - bassa e con fondo ghiaioso e sabbioso. Alla base o a lato di briglie.

Materiali impiegati

- Massi ø 0,4 - 1,0 m
- Pali in legno ø 25 cm L = 2,5 m
- Tondini in acciaio ø 24 mm o putrelle di dimensioni tali da garantire il bloccaggio dei massi

Modalità di esecuzione

1. Posizionamento dei massi nell'alveo del corso d'acqua, profondamente interrati nel fondo. La collocazione dei massi dovrà avvenire a vari livelli per consentire alla fauna ittica di risalire l'ostacolo. Nel posizionamento dei massi si dovrà seguire la pendenza naturale dell'alveo e il dislivello tra la base e l'apice non dovrà essere superiore a 20-25 cm. Nel caso di dislivelli eccessivi si provvederà alla realizzazione di una serie di rampe poste a una distanza di 1,5 -2,5 m l'una dall'altra
2. Se necessario il pietrame viene consolidato con barre o putrelle in acciaio infissi nel fondo e posto su un letto di ghiaia per favorirne l'assestamento

Rampa a blocchi	34

Raccomandazioni

Limiti di applicabilità

Dislivelli eccessivi che richiedono mezzi tecnici (scale di rimonta in cls)

Vantaggi

Consolidamento immediato del fondo alveo. Rappresenta una via funzionale alla risalita del corso d'acqua da parte della fauna ittica.

Svantaggi

Necessita una notevole quantità di massi di varia pezzatura

Effetto

Notevole effetto sia per la continuità di certi habitat che anche visuale

Periodo di intervento

In qualsiasi periodo dell'anno.

Possibili errori

- Sottodimensionamento dei massi e delle barre o profilati di fissaggio
- Dislivelli eccessivi
- Cementazione della struttura che diventa rigida e impermeabile

Voce di Capitolato

3.18 Rampa a blocchi

Consolidamento di fondo di corso d'acqua in tratti di salto mediante pietrame o massi di diametro variabile a seconda dei parametri idraulici da 0,4 a 1(2) m, disposto a rampa su 1-2 file di massi fissati ulteriormente da file di piloti in acciaio o in legno di dimensioni tali da garantire la funzione di bloccaggio e la durata.

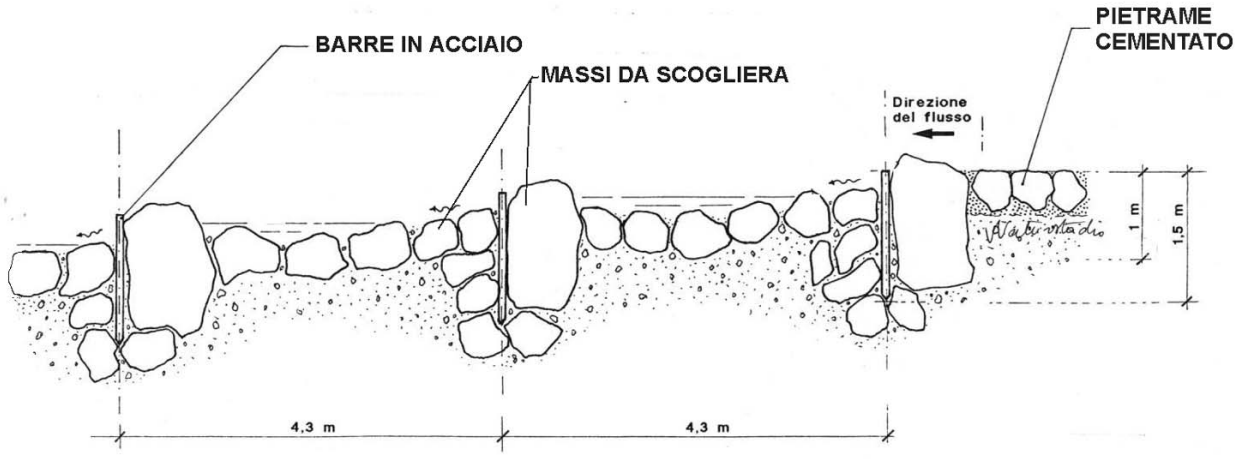
La rampa è sostitutiva delle briglie e dei salti di fondo in calcestruzzo e garantisce gli spostamenti di risalita dei pesci e di altra fauna acquatica.

La rampa a blocchi può essere realizzata:

a) lungo la sezione principale di deflusso e in tal caso verrà creato un allargamento consolidato con pietrame nel punto di inserzione tra la rampa e la sponda;
b) quale by-pass laterale al corso principale in presenza di una preesistente briglia in calcestruzzo o altro sbarramento trasversale. In tal caso si collocano i massi al fine di creare diversi piccoli bacini a vari livelli in modo da consentire a tutta la fauna ittica di risalire l'ostacolo. La pendenza non dovrà superare il rapporto 1:10 e il dislivello tra due bacini contigui i 20-25 cm. I massi principali vanno collocati in piedi e fissati con putrelle o tondini in acciaio (va evitato il calcestruzzo) le vasche vanno riempite di pietrisco e ghiaia di ø 20-30 cm.

Rampa a blocchi	34

Sezione Tipo



Vista planimetrica

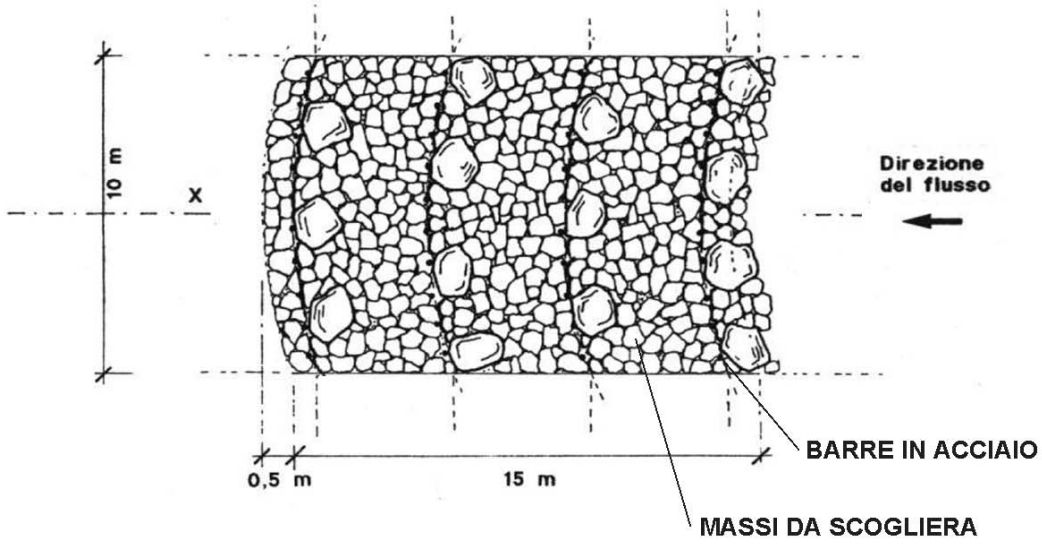


Foto G. Sauli

Foto 85 - Rampa a blocchi in massi cementati e scale di rimonta per ittiofauna. Affluente F. Rodano (Francia)

Blocchi incatenati	35

SINONIMI	

Descrizione sintetica

Tecnica che prevede il posizionamento longitudinale di massi ciclopici alla base di sponde, al piede di palificate spondali e coperture diffuse (armate). I massi vengono legati tra loro con una fune d'acciaio assicurata a piloti in legno o ferro infissi nel fondo.
E' possibile impiegare la tecnica anche per la realizzazione di soglie armate trasversali al corso d'acqua o stramazzi a copertura di intere sezioni del fondo. Le soglie sono in genere costituite da due file di massi legati assicurati a travi a monte infisse nell'alveo e poste a interasse opportuno a garantire la stabilità dell'opera.

Campi di applicazione

Corsi d'acqua con portate solide e liquide anche notevoli

Materiali impiegati

- Massi ciclopici di minimo 0,20 m^3
- Funi di acciaio ø 16 mm
- Tasselli o barre in acciaio muniti di occhiello o asola ø 16-20 mm
- Barre o putrelle in acciaio, L = 1,5 – 2 m
- Morsetti serrafune
- Malta cementizia antiritiro

Modalità di esecuzione

1. Scavo di fondazione
2. Posa dei massi ciclopici a file singole o doppie
3. Inserimento nei massi, previa foratura e successiva boiaccatura con malta cementizia dei tasselli o barre con asola
4. Inserimento della fune d'acciaio nell'asola in modo da assicurare tutti i massi tra loro lungo le file, tesatura e fissaggio della fune con morsetti serrafune
5. Infissione di piloti in acciaio con disposizione alternata a reggere le funi e i massi nelle strutture longitudinali spondali; per quelle trasversali nel fondo dell'alveo a monte della fila inferiore di massi con interasse variabile a seconda dei parametri idraulici. Il sistema piloti-massi-fune va a costituire un'unica struttura elastica a collana

Blocchi incatenati	35

Raccomandazioni

- Nelle strutture trasversali i massi possono essere legati su tutte le file o solamente sulla fila più bassa
- Nelle strutture a stramazzo tutti i massi sono legati tra di loro

Limiti di applicabilità

Vantaggi

Opera elastica. Si adatta bene agli assestamenti dovuti al trasporto idrico e solido. Esecuzione semplice e immediata. Economica

Svantaggi

Nel caso di strutture a stramazzo che ricoprano intere sezioni del fondo nei regimi torrentizi, non si riesce a garantire una sezione di minima (gavetta) con presenza costante d'acqua

Effetto

Valido effetto sia di protezione che paesaggistico ed ecosistemico. La struttura si reinserisce rapidamente nelle morfologie spondali e di fondo ed è ricolonizzabile dalla vegetazione

Periodo di intervento

Qualsiasi periodo dell'anno

Possibili errori

- Legatura disordinata e inefficace
- Uso di barre senza asola
- Sottodimensionamento dei materiali

Blocchi incatenati	35

Voce di Capitolato

3.19 Blocchi incatenati

a) a protezione longitudinale

b) a soglia

c) a stramazzo

Disposizione di massi ciclopici a file e loro legatura mediante fune d'acciaio di diametro opportuno collegata con barre d'acciaio con estremità ad occhiello (o tasselli ad espansione) fissata con malta cementizia antiritiro a singoli massi e vincolate al fondo mediante piloti in acciaio.

Le file possono fungere da protezioni spondali longitudinali (variante a) come ad esempio nella palificata viva spondale, o trasversali a soglia (variante b) o a stramazzo (variante c).Nei casi b) e c)vengono collocate file di massi legati e collegati a loro volta tra loro e fissate a travi poste in genere a monte della struttura, infisse nell'alveo per 1,5 - 2 m e con interasse idoneo a garantirne la stabilità.

La struttura viene di solito completata con inserimento di ramaglia viva.

Sezione Tipo

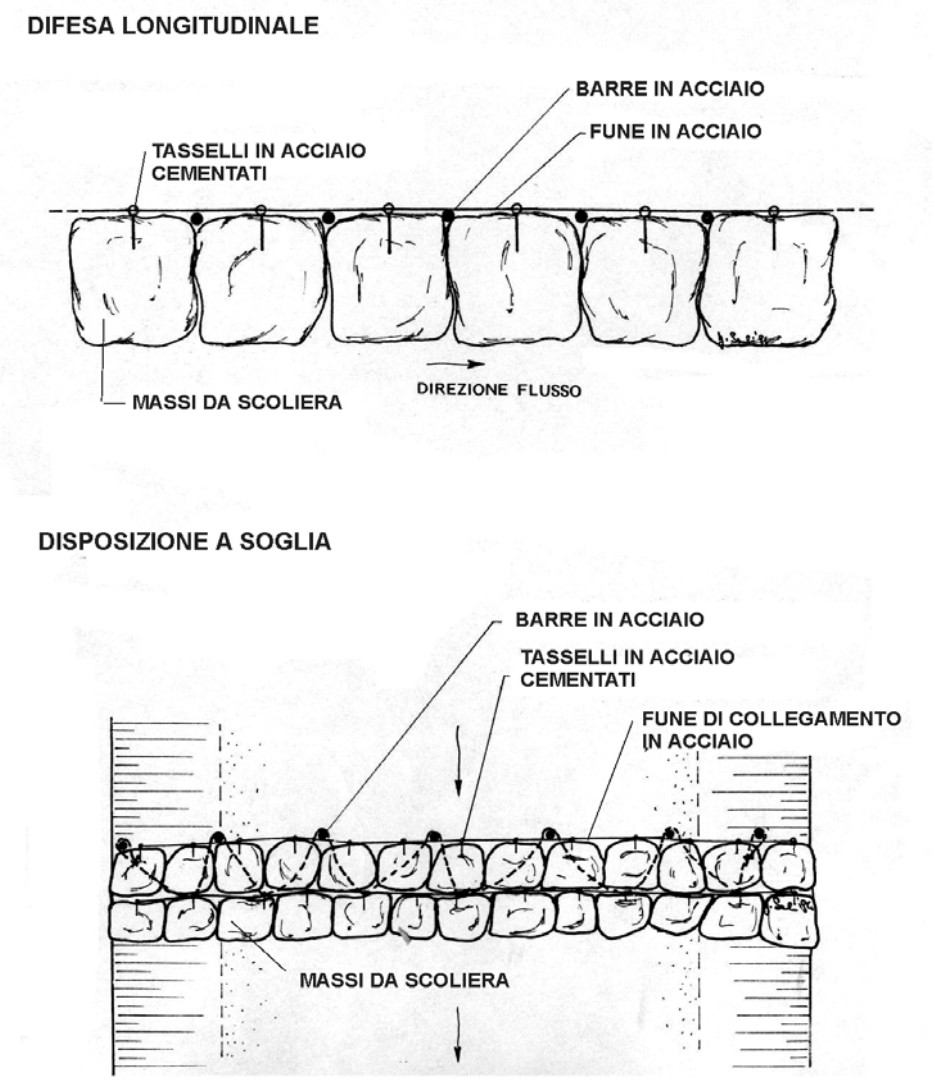


Foto G. Sauli

Foto 86 - Corazzatura spondale in massi legati con funi d'acciaio.
Rio Bianco Tarvisio Boscoverde (UD)

Foto G. Sauli

Foto 87 - Particolare corazzatura spondale in massi legati con funi d'acciaio.
Rio Bianco Tarvisio Boscoverde (UD)

Blocchi incatenati	35

Foto

Foto G. Sauli

Foto 88 - Difesa longitudinale in massi legati.
Canale di sfioro golena F. Tagliamento (UD)

Scogliera rinverdita	36

SINONIMI

Descrizione sintetica

Difesa longitudinale per il consolidamento e contro l'erosione delle sponde, realizzata con l'impiego di grossi massi e di talee di salice inserite nelle fessure tra i massi stessi.

Campi di applicazione

Sponde di corsi d'acqua con notevole trasporto solido e alta velocità della corrente.

Materiali impiegati

- massi ciclopici ø 0,5-1,0 m
- talee di salice L min. 1,0 m
- inerte terroso per l'intasamento delle fughe

Modalità di esecuzione

1. disposizione irregolare dei massi lungo la scarpata, procedendo dal basso verso l'alto
2. superato il livello medio dell'acqua si procede alla contemporanea messa a dimora delle talee di salice di lunghezza tale da raggiungere il terreno retrostante i massi
3. intasamento delle fessure tra massi con materiale terroso fine (non necessariamente terreno vegetale)
4. nel caso di inserimento a posteriori delle talee di salice, sarà necessario provvedere alla realizzazione tra i massi di un foro, nel quale inserire la talea. In tal modo tuttavia si rischia di non far passare la talea da parte a parte fino a toccare il terreno retrostante la scogliera.

Scogliera rinverdita	36

Raccomandazioni

* l'inserimento di talee dovrà avvenire preferibilmente durante la fase di costruzione
* le talee dovranno essere passanti la struttura, in modo da toccare il terreno retrostante
* i massi dovranno essere di provenienza locale evitando litologie alloctone che sono non coerenti con quelle locali, richiedono grosse incidenze energetiche e di relativi impatti per il trasporto, rimandano ad altri i problemi delle cave di provenienza

Limiti di applicabilità

Vantaggi

Opera massiccia con effetto protettivo immediato. Una volta radicate le talee aumenteranno l'effetto ancorante i massi al terreno.

Svantaggi

Nei regimi torrentizi le scogliere sono soggette a sottoescavazioni. Elevata percentuale di fallanze nelle talee inserite a posteriori

Effetto

Protezione immediata della sponda, che va aumentando con lo svilupparsi dell'apparato radicale delle talee. Aspetto coerente solo in morfologie rocciose montane, molto visibile in morfologie a litologie sciolte (ghiaie, argille, sabbie)

Periodo di intervento

In preferenza durante il periodo di riposo vegetativo.

Possibili errori

- mancato inserimento delle talee in fase di costruzione
- talee di dimensioni ridotte
- mancato intasamento delle fughe tra i massi
- sottodimensionamento dei massi
- utilizzo su substrati litologici non idonei di pianura o collina
- utilizzo di massi di provenienza alloctona

Scogliera rinverdita	36

Voce di Capitolato

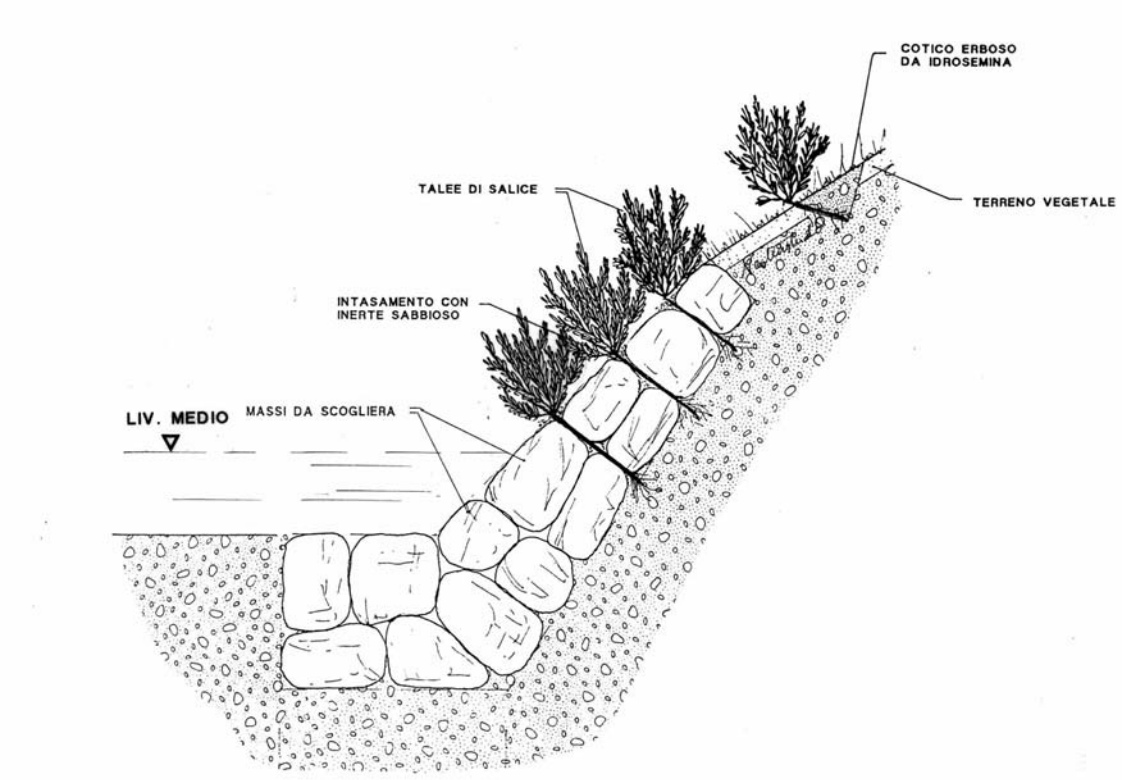
3.20 Scogliera rinverdita

Formazione di scogliera in grossi massi ciclopici rinverdita, di rivestimento e difesa di scarpate spondali, realizzata mediante:

- sagomatura dello scavo, regolarizzazione del piano di appoggio con pendenza non superiore a 35° (40°)
- realizzazione del piede di fondazione con materasso o taglione (altezza di circa 2,0 m e interramento di circa 1,0 m al di sotto della quota di fondo alveo) in massi, ad evitare lo scalzamento da parte della corrente e la rimobilitazione del pietrame in elevazione. Il materasso di fondazione deve essere realizzato prevedendo eventuali soglie di consolidamento costruite sempre con grossi massi, o anche con la realizzazione di piccoli repellenti;
- realizzazione della massicciata in blocchi di pietrame per uno spessore di circa 1,50 m, inclinati e ben accostati, eventualmente intasati nei vuoti con materiale legante (al di sotto della linea di portata media annuale) oppure legati da fune d'acciaio. I blocchi devono avere pezzatura media non inferiore a 0,4 m^3 e peso (5-20 q) in funzione delle caratteristiche idrodinamiche della corrente d'acqua e della forza di trascinamento. Le pietre di dimensioni maggiori vanno situate nella parte bassa dell'opera. Nel caso che il pietrame venga recuperato nell'alveo, è necessario fare in modo che non venga alterata eccessivamente la struttura fisica dello stesso (dimensione media del pietrame di fondo, soglie naturali, pendenza);
- impianto durante la costruzione di robuste talee di salice, di grosso diametro, tra le fessure dei massi (al di sopra della linea di portata media annuale), poste nel modo più irregolare possibile, in genere vanno collocate 2-5 talee/m^2 (su aree soggette a sollecitazioni particolarmente intense anche 5 - 10 talee/m^2) e di lunghezza tale (1,50-2,00 m) da toccare il substrato naturale dietro la scogliera. I vuoti residui devono essere intasati con inerte terroso.

Scogliera rinverdita	36

Sezione Tipo



Vista prospettica

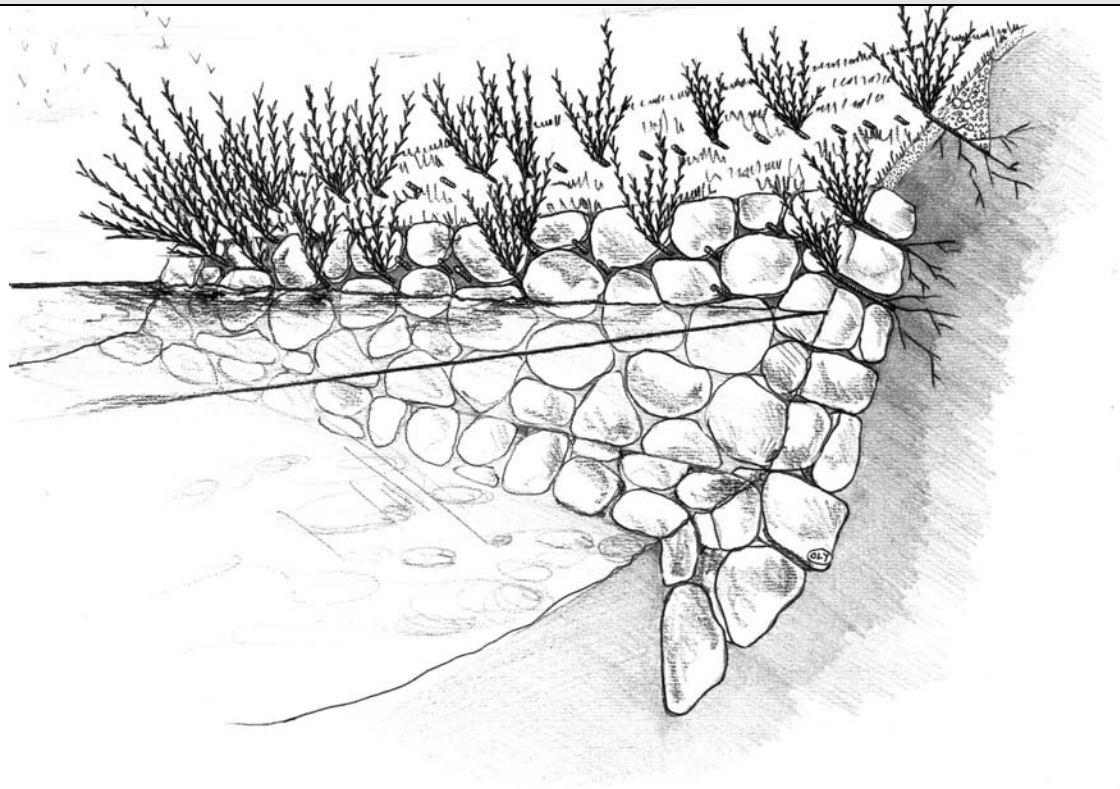


Foto G. Sauli

Foto 89 - Scogliera spondale rinverdita con talee di salice.
Rio Bianco S. Caterina (UD)

Foto G. Sauli

Foto 90 - Scogliera spondale rinverdita con talee di salice. Particolare intervento a lavori appena eseguiti.
Rio Bianco S. Caterina (UD)

Scogliera rinverdita	36

Foto G. Sauli

Foto 91 - Scogliera spondale rinverdita con talee di salice. Particolare intervento dopo alcuni mesi.
Rio Bianco S. Caterina (UD)

Briglia viva in legname e pietrame	37

SINONIMI

Descrizione sintetica

Opera in legname e pietrame realizzata trasversalmente al corso d'acqua.

Campi di applicazione

Regimi torrentizi montani e collinari anche con notevole trasporto solido

Materiali impiegati

- Tronchi di castagno o resinosa scortecciati ø 20 ÷ 30 cm
- Chiodature metalliche ø 12 ÷ 14 mm
- Tondini in metallo ø 10 - 14 mm
- Talee e fascine vive di salice ø 20 ÷ 30 cm
- Pietrame
- Inerte terroso

Modalità di esecuzione

1. Scavo di fondazione.
2. Fondazione in massi ciclopici.
3. Posa della prima serie di tronchi correnti, trasversali al corso d'acqua, in doppia la fila.
4. Posa della prima serie di tronchi longitudinali al di sopra dei correnti e chiodati ad essi, con interasse massimo 1,00 m.
5. Inserimento di pietrame nelle camere e riempimento con inerte.
6. Ripetizione delle operazioni 3, 4, 5 fino al raggiungimento dell'altezza di progetto (pendenza frontale non superiore ai 60° per garantire la crescita delle piante)
7. Inserimento delle fascine vive di salici o talee di specie con capacità di propagazione vegetativa nelle camere al di sopra del livello medio dell'acqua e nelle parti laterali della briglia, riempimento con inerte.
8. La gaveta verrà realizzata impiegando tondame intero o mezzi tronchi.
9. Le fessure tra tondame nella gaveta verranno riempiti con bitume a freddo.

Briglia viva in legname e pietrame	37

Raccomandazioni

- La briglia dovrà essere adeguatamente ammorsata nelle sponde del corso d'acqua per evitare scalzamenti laterali
- La gaveta verrà dimensionata opportunamente in base ai calcoli idraulici del corso d'acqua
- Pali scortecciati hanno una durabilità temporale maggiore rispetto a quelli non scortecciati

Limiti di applicabilità

Possono essere realizzate opere di altezza e ampiezza limitata; non proponibili in regimi con trasporto solido di diametro elevato

Vantaggi

Opere sostitutive di briglie cementizie realizzabili con materiali rinvenibili in loco

Svantaggi

Durata limitata nel tempo scarsamente rivegetabile

Effetto

Si ha una immediata diminuzione della pendenza del profilo del corso d'acqua. Pertanto viene meno l'effetto erosivo e favorito il deposito di materiale. Aspetto gradevole legato all'uso di tronchi e pietrame (in aree montane).

Periodo di intervento

Qualsiasi periodo dell'anno per la struttura in legname e pietrame. Se abbinata a materiale vivo il periodo è vincolato a quello della messa a dimora delle talee.

Possibili errori

- Fissaggio dei tronchi con cambre al posto delle barre passanti
- Diametro dei tronchi insufficiente
- Struttura troppo verticale per la crescita delle piante
- Insufficiente ammorsamento laterale (possibili scalzamenti laterali)
- Insufficiente ammorsamento di fondo (possibili sifonamenti)

Briglia viva in legname e pietrame	37

Voce di Capitolato

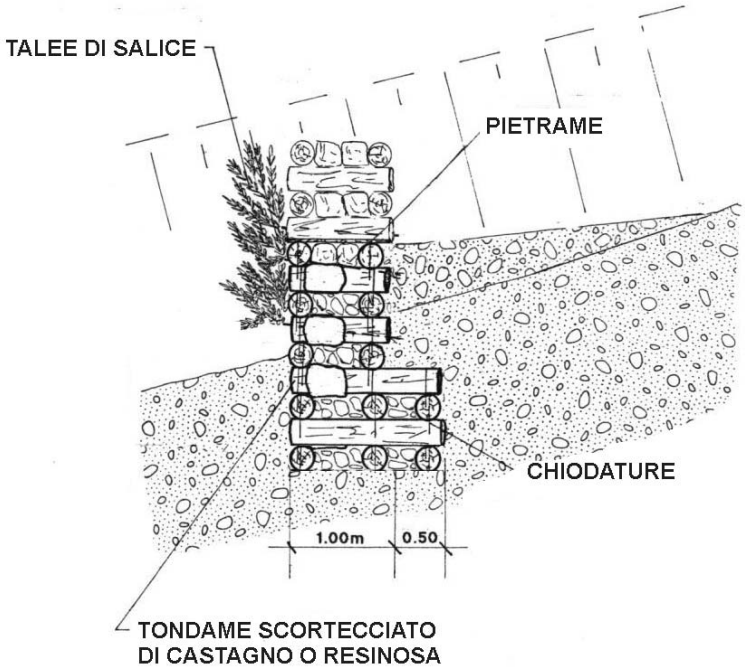
3.21 Briglia viva in legname e pietrame

Briglia viva in legame e pietrame di consolidamento di corsi d'acqua a carattere torrentizio di modeste dimensioni trasversali, a struttura piena, realizzata mediante:

- incastellatura di legname a parete doppia (struttura a cassone o reticolare) in tondame scortecciato, unito da chiodi e graffe metalliche zincate. La soglia sarà realizzata da tronchi di diametro pari a 15-20 cm, opportunamente incastrate nelle spalle, ancorate ai pali di sostegno mediante tacche di ancoraggio e chiodi di ferro o nastri d'acciaio zincati. Se necessario, la fondazione dovrà essere consolidata da pali. Il rivestimento della vasca tra il corpo briglia e la controbriglia verrà realizzato con pietrame reperito in loco;
- riempimento della briglia con materiale drenante di ciottoli o ghiaia e terreno drenante costipabile, o pareggiato con dei sassi;
- eventuale posizionamento a tergo di geotessile per evitare sifonamenti;
- completamento della soglia durante il riempimento con deposizione fra i correnti di rami lunghi 1,50-2,00 m, con capacità di propagazione vegetativa, e/o con talee di salice (1-5 pezzi/m), e/o con piante di latifoglie radicate. Per briglie di piccole dimensioni, si può alternare alle travi di legno viminate o fascinate vive, ben fissate al terreno di fondazione e ai pali di sostegno mediante picchetti di legno e legature metalliche.

Briglia viva in legname e pietrame	37

Sezione Tipo



Vista frontale

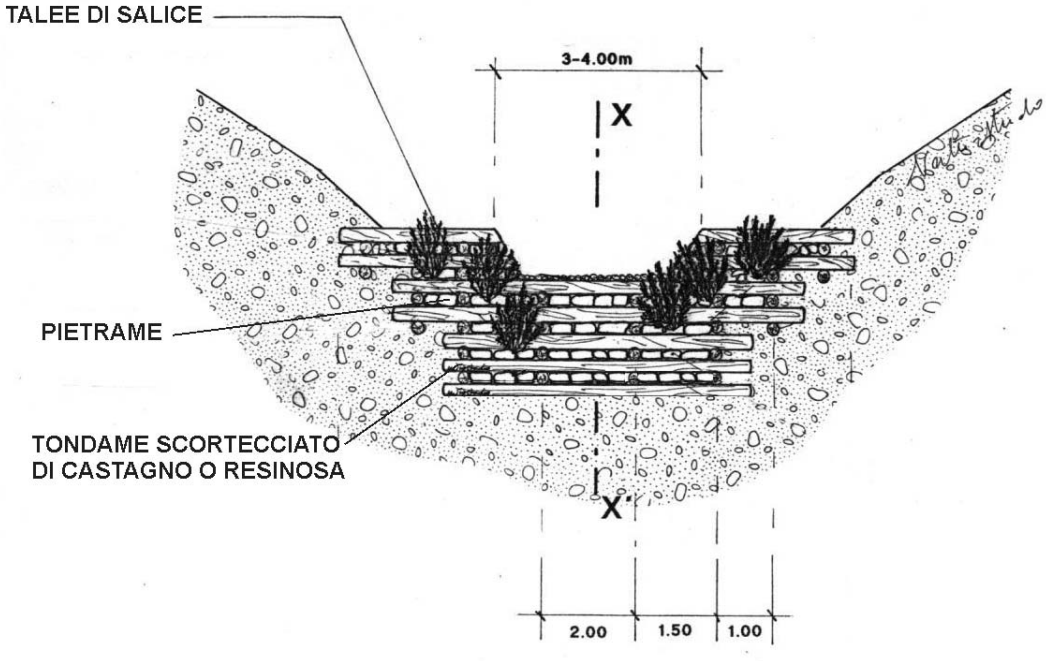


Foto G. Sauli

Foto 92 - Briglia in legname e pietrame per regimazione del trasporto solido, in fase di realizzazione.
Rio Anonimo Ugovizza (UD)

Foto G. Sauli

Foto 93 - Briglia in legname e pietrame per regimazione del trasporto solido, dopo un anno.
Rio Anonimo Ugovizza (UD)

Foto Agriforest

Foto 94 - Briglie in legname e pietrame con talee.
Ampezzo (UD)

Palizzata viva in putrelle e traverse	38

SINONIMI	Palancolata viva

Descrizione sintetica

Palizzata verticale di sostegno di sponda in erosione realizzata con putrelle a doppio T infisse verticalmente e traverse in legno disposte orizzontalmente dietro le putrelle. Le traverse sono distanziate per consentire l'infissione di talee di salici, tamerici, ecc.

Campi di applicazione

Sponde in erosione di corsi d'acqua a litologie sciolte (ghiaie, argille, limi, ecc.) in tratti a sezione condizionata su altezze di 2 – 3 m

Materiali impiegati

- Putrelle in ferro a doppio T HEB 180 di lunghezza almeno doppia della parete spondale da consolidare
- Traverse ferroviarie o analogo materiale in legno impregnato
- Talee di Salici, Tamerici, ecc.
- Eventuali tiranti in funi e barre in acciaio

Modalità di esecuzione

1. Regolarizzazione della superficie della sponda in erosione
2. Infissione delle putrelle con escavatore ad una distanza massima di 1 m per una profondità almeno pari alla parte fuori terra (calcolo di stabilità geotecnica da effettuare)
3. Posa delle traverse a tergo delle putrelle o infilate nel profilo a doppio T. Le putrelle vanno distanziate con pezzi di legno o di pietra di ca. 7 – 10 cm.
4. Ricarica di inerte terroso a tergo della struttura ricostituire le superfici di erosione
5. Infissione delle talee per almeno 50 cm di profondità
6. Eventuale tirantatura delle putrelle con funi d'acciaio e barre metalliche infisse nel terreno retrostante la sponda (quantità e dimensionamento dei materiali da calcolare)

Palizzata viva in putrelle e traverse	38

Raccomandazioni
Limiti di applicabilità
Substrati rocciosi che impediscono l'infissione delle putrelle
Vantaggi
Consolidamento permanente di sponde erose verticali senza sottrazione di spazio alla sezione di deflusso, costi contenuti e lavorabilità con normali mezzi meccanici. Può essere attuata anche in sezioni ristrette.
Svantaggi
Mantenimento della verticalità, sottrazione di habitat per la nidificazione di avifauna (es. Gruccione), condizionamento alla crescita della vegetazione.
Effetto
Buon effetto consolidante, limitato reinserimento paesaggistico
Periodo di intervento
La parte strutturale può essere eseguita durante tutto l'anno. La messa a dimora delle talee è legata al periodo vegetativo
Possibili errori
▫ Insufficiente infissione o tirantatura ▫ Sottodimensionamento delle putrelle ▫ Mancata o errata messa a dimora delle talee

Voce di Capitolato
Palizzata viva in putrelle e traverse Consolidamento di sponde subverticali in erosione mediante formazione di palizzata realizzata mediante l'infissione verticale di putrelle in ferro a doppio T (HEB 180) di L 4 – 5 m (per una profondità almeno pari alla lunghezza fuori terra) e traverse in legno di tipo ferroviario o simile in legno impregnato disposte orizzontalmente dietro le putrelle o infilate nel doppio T. Le traverse verranno disposte con interasse massimo di 1 m e le traverse saranno distanziate con pezzi di legno o di pietra di 7 – 10 cm di spessore. La palizzata sarà riempita a tergo con inerte sino al ritombamento completo. Negli interstizi verranno inserite talee di salici o tamerici in ragione di almeno 7 – 10 per metro lineare e per una profondità di almeno 50 cm. In caso di necessità verranno realizzate delle tirantature in funi d'acciaio e barre metalliche appositamente dimensionate.

Palizzata viva in putrelle e traverse	38

Sezione Tipo

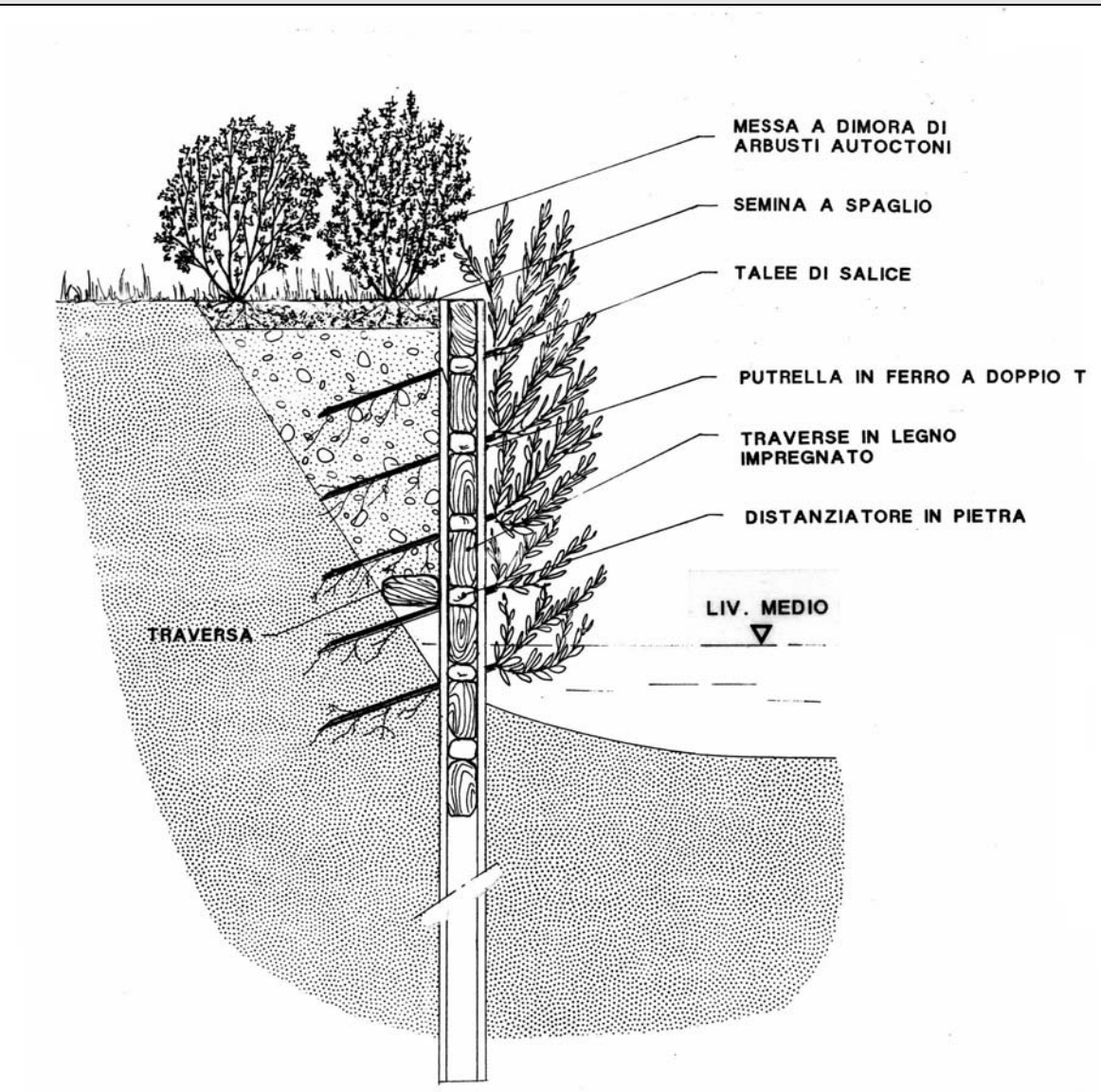


Foto P. Cornelini

Foto 95 - Difesa spondale verticale con la tecnica delle putrelle e traverse in costruzione. Rio Genica (PS)

Foto P. Cornelini

Foto 96 - Difesa spondale verticale con la tecnica delle putrelle e traverse in costruzione. Rio Genica (PS)

Foto G. Sauli

Foto 97 - Difesa spondale verticale con la tecnica delle putrelle e traverse dopo un anno e mezzo dalla realizzazione.
Rio Genica (PS)

Palificata reatina	39

SINONIMI	Palizzata reatina

Descrizione sintetica

Palificata di sostegno in pali di castagno piantati verticalmente, legati con filagne orizzontali e tirantati con tiranti in legno inseriti nella sponda e chiodati ai pali frontali. La palificata viene riempita a tergo con pietrame calcareo sino al livello delle piene ordinarie e inerte ghiaioso per la parte fuori terra. Negli spazi tra i pali vengono inserite talee di salici o tamerici.

Campi di applicazione

Sponde in erosione su aste torrentizie a prevalente litologia ghiaiosa

Materiali impiegati

- Pali di castagno ø 20 cm L 5 m
- Filagne di castagno di lato 15 cm
- Tiranti in castagno di lato 15 cm e L 4 m
- Chiodature di fissaggio
- Pietrame calcareo a pezzatura grossolana
- Tout venant ghiaioso locale
- Talee di salice, tamerici, ecc.
- Arbusti autoctoni
- Semina a spaglio

Modalità di esecuzione

1. Infissione dei pali frontali della palificata con interasse 40 cm per almeno 2.50 m
2. Chiodatura delle filagne su due file sul lato esterno dei pali
3. Infissione dei tiranti e loro chiodature sui pali
4. Riempimento con pietrame calcareo sino al livello delle piene ordinarie
5. Completamento del riempimento con tout venant ghiaioso locale
6. Apporto di uno strato di terreno vegetale
7. Inserimento di talee in ragione di 4 – 6 / m^2
8. Piantagione di arbusti autoctoni (3 – 5) m^2
9. Semina a spaglio

Palificata reatina	39

Raccomandazioni

- La messa a dimora e le semine devono rispettare i periodi adatti
- Va utilizzato esclusivamente legname di castagno per motivi di durata e lavorabilità
- Le chiodature vanno fatte con chiodi o tondini passanti, escludendo l'uso di semplici cambre

Limiti di applicabilità

Substrati litoidi che impediscono l'infissione dei pali. Corsi d'acqua ad elevati dinamismo e diametro del trasporto solido

Vantaggi

Rapidità della realizzazione, uso prevalente di materiali locali, quantità di legname minore rispetto alle altre palificate

Svantaggi

Effetto

L'abbinamento delle talee con la tecnica tradizionale produce un miglioramento funzionale e paesaggistico la cui portata va ancora valutata

Periodo di intervento

La struttura può essere realizzata in ogni stagione (esclusi periodi di piena); le opere in verde sono legate alla stagionalità

Possibili errori

- Mancato o errato inserimento delle talee
- Sottodimensionamento dei materiali

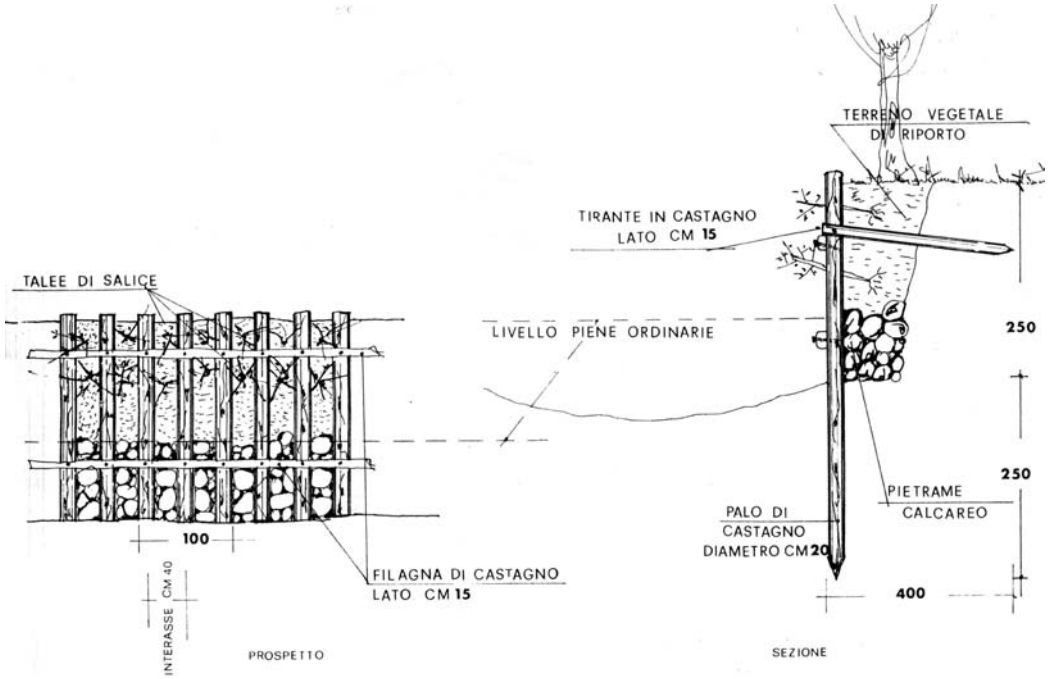
Voce di Capitolato

Palificata reatina

Formazione di una palificata di sostegno spondale mediante infissione di pali di castagno frontali di ø 20 cm e L 5 m con interasse 40 cm per almeno 2.50 m, chiodatura di filagne di castagno di lato 15 cm su due file sul lato esterno dei pali, infissione dei tiranti e loro chiodature sui pali, riempimento con pietrame calcareo sino al livello delle piene ordinarie, completamento del riempimento con tout venant ghiaioso locale, apporto di uno strato di terreno vegetale, inserimento di talee in ragione di 4 – 6 / m^2, piantagione di arbusti autoctoni (3 – 5) m^2, semina a spaglio.

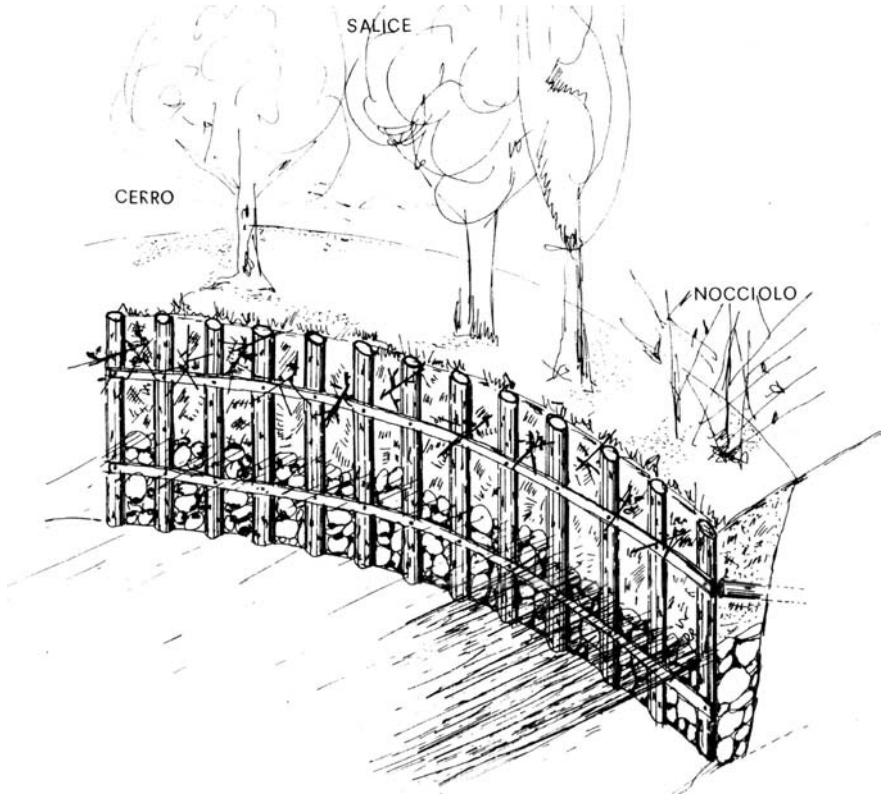
Palificata reatina	39

Prospetto e sezione tipo



Da SDAR - Rieti

Vista prospettica



Da SDAR - Rieti

Foto

Foto 98 - Situazione ante operam

Foto

Foto 99 - Situazione post operam

Graticciata in micropali, reti e stuoie sintetiche	40

SINONIMI

Descrizione sintetica

Graticciata in micropali, reti, funi metalliche e stuoie sintetiche con funzioni di contenimento sia longitudinale che trasversale di impluvi e vallette fortemente incise a regime torrentizio su litologie sciolte granulari (marne, scaglia, tufi semilitoidi, ecc.) soggette a forte trasporto solido. La graticciata è riempita lato monte dallo stesso inerte derivante dall'erosione e viene piantata e seminata ma si rinverdisce comunque spontaneamente nel breve periodo.

Campi di applicazione

Parti periferiche di bacini torrentizi in sezioni ristrette a forte pendenza su litologie friabili e soggette a continua erosione e trasporto solido a valle (marne, scaglia, tufi semilitoidi, ceneriti, ecc.)

Materiali impiegati

- Tubi in acciaio tipo CORTEN ø 114 mm, spessore 4 mm, L 4m
- Boiacca cementizia con additivi antiritiro
- Rete metallica zincata filo 2.2 mm, maglia 6x8
- Cavo in acciaio ø min. 10 mm
- Stuoia sintetica tridimensionale di minimo 18 mm
- Talee di ø 2 – 5 cm
- Semina o idrosemina

Modalità di esecuzione

1. Perforazione verticale di fori di diametro massimo 200 mm e profondità di 3 m
2. Posa dei tubi tipo CORTEN e esecuzione delle iniezioni a pressione di boiacca cementizia
3. Posa del rivestimento in rete metallica foderata lato monte con stuoia tridimensionale sintetica e vincolata ai tubi mediante cavo in acciaio
4. Riempimento lato monte con inerte a pezzatura fine locale
5. Inserimento di talee di ø 2 – 5 cm sul fronte verticale della graticciata, previa eventuale taglio di maglie della rete, per una profondità minima di 50 cm
6. Semina o idrosemina di tutte le superfici

Graticciata in micropali, reti e stuoie sintetiche	40

Raccomandazioni

*

Limiti di applicabilità

Applicabile convenientemente solo in particolari morfologie a forra e litologie a sfaldamento superficiale (marne, scaglia, tufi semilitoidi, ecc.) che consentono al contempo la perforazione con perforatrice montata su mezzi fuoristrada . Non applicabile in presenza di trasporto solido grossolano

Vantaggi

Lunga durata, funzione di laminazione della portata solida e liquida in parti periferiche di bacini torrentizi su forti pendenze.

Svantaggi

Costo notevole.

Effetto

A distanza di pochi anni la parte strutturale viene completamente riassorbita dai dinamismi morfologici locali e mascherata dalla vegetazione

Periodo di intervento

Indifferente

Possibili errori

▫

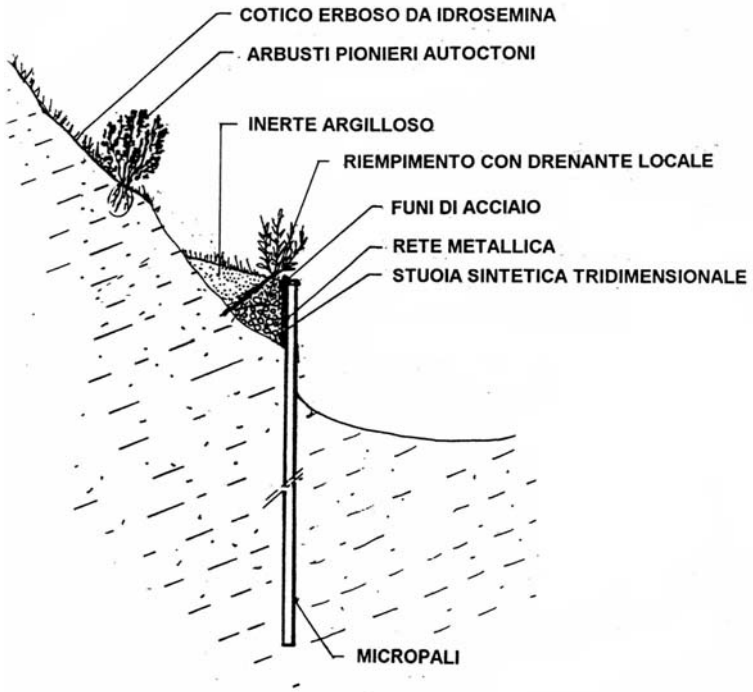
Voce di Capitolato

Graticciata in micropali, reti e stuoie sintetiche

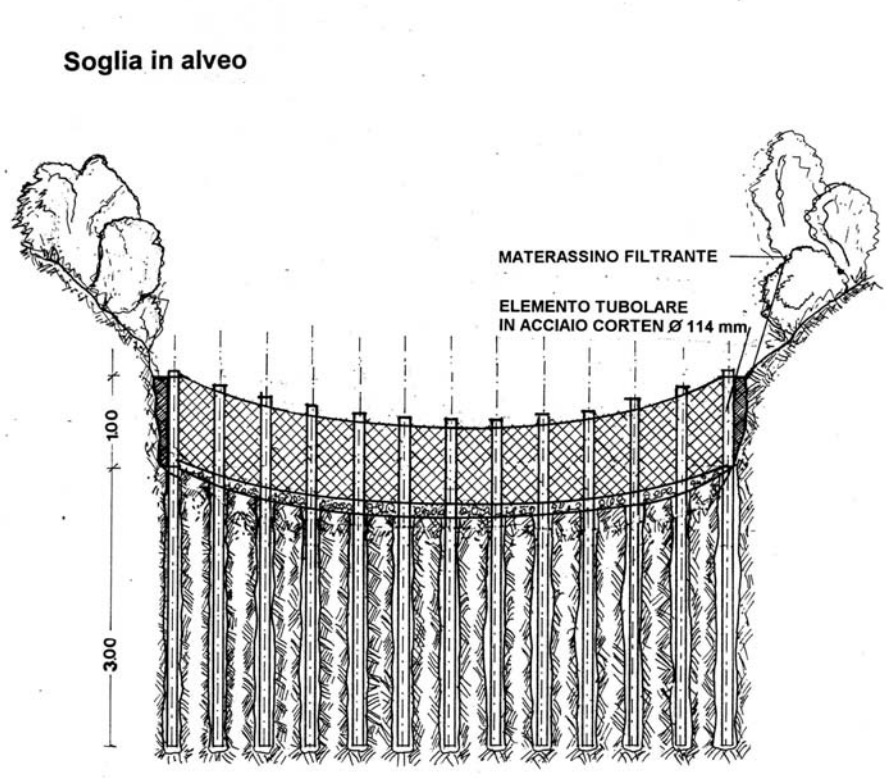
Formazione di graticciata metallica mediante perforazione verticale di fori di diametro massimo 200 mm e profondità di 3 m, posa di tubi tipo CORTEN ø 114 mm e spessore 4mm e esecuzione di iniezioni a pressione di boiacca cementizia composta con 100 kg di cemento tipo 325 e 50 litri d'acqua, oltre ad eventuali additivi antiritiro, posa del rivestimento in rete metallica foderata lato monte con stuoia tridimensionale sintetica e vincolata ai tubi mediante cavo in acciaio ø 10 mm, riempimento lato monte con inerte a pezzatura fine locale, inserimento di talee di ø 2 – 5 cm sul fronte verticale della graticciata, previa eventuale taglio di maglie della rete, per una profondità minima di 50 cm, semina o idrosemina di tutte le superfici

Graticciata in micropali, reti e stuoie sintetiche	40

Sezione Tipo



Vista frontale



CAPITOLO 14

LA PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI DI INGEGNERIA NATURALISTICA E DI RINATURALIZZAZIONE DEI CORSI D'ACQUA

P. Cornelini, G.Sauli

Introduzione

Le più recenti impostazioni progettuali nel campo delle opere idrauliche hanno portato ad un ribaltamento dell'atteggiamento nei confronti dei corsi d'acqua, non più visti solo come entità dalle quali l'uomo si deve proteggere, ma come un patrimonio da valorizzare. Numerose sono ormai le azioni normative che recepiscono tale punto di vista, dalla Legge 183/89 sulla difesa del suolo che prevede varie fasi di conoscenza, programmazione, pianificazione ed attuazione degli interventi a livello di bacino idrografico, a quelle delle Autorità di Bacino e del Ministero dell'Ambiente.

Esiste poi, tra le varie normative regionali, la Delibera 4340 del 28 maggio 1996 della Regione Lazio sui criteri progettuali per l'attuazione degli interventi in materia di difese del suolo e, per quanto riguarda la problematiche della manutenzione idraulica, un riferimento essenziale è costituito dal DPR 14/4/93.

La progettazione delle sistemazioni idrauliche va affrontata con una visione sistemica che parte dalla constatazione che un corso d'acqua non è un canale ove far transitare il fluido il più rapidamente possibile, bensì un ecosistema complesso nel quale le varie componenti viventi e non viventi entrano in tipiche relazioni ed ove la recisione di un legame può mettere in crisi l'intero sistema.

Le sistemazioni idrauliche vanno quindi realizzate, dopo uno studio a livello di bacino idrografico, iniziando a monte con interventi sui versanti in erosione e sull'alveo, per consentire l'aumento del tempo di corrivazione delle acque e la diminuzione del trasporto solido a valle e proseguendo nei tratti intermedi e di pianura con la realizzazione di bacini di laminazione per abbassare i picchi delle piene, ottenendo aree da sistemare secondo principi naturalistici, favorendo al massimo lo sviluppo della vegetazione ripariale.

Il progetto di ingegneria naturalistica nel settore delle sistemazioni idrauliche si propone quindi come un progetto multidisciplinare, dove l'esperto di ingegneria naturalistica e l'ingegnere idraulico lavorano insieme al geologo ed al topografo per individuare gli interventi di rinaturazione e di ingegneria naturalistica per le sistemazioni antierosive e di consolidamento, con l'obiettivo dell'aumento della biodiversità del territorio attraversato dall'alveo e del miglioramento della rete ecologica esistente.

Nella considerazione che, nel caso di un progetto di I.N., anche le tradizionali analisi idrologiche idrauliche, geologiche e topografiche vadano affinate ed approfondite, ad esempio:

- individuando i vari livelli di piena necessari per stabilire la sopravvivenza e la resistenza delle componenti vive della struttura
- realizzando sezioni topografiche di dettaglio, in quanto la scelta di una tecnica di I.N. è influenzata da piccole variazioni di pendenza
- riportando sulle sezioni topografiche di dettaglio gli strati litologici presenti per valutare la capacità biotecnica delle piante di realizzare la stabilizzazione od il consolidamento della scarpata

In questa parte del manuale verranno approfonditi solo gli aspetti strettamente legati alla progettazione di opere di I.N. e, tra le indagini stazionali, l'analisi botanica.

Dall'analisi delle caratteristiche idrauliche e delle tipologie del progetto, nonché dalle indagini topografiche, geomorfologiche, geotecniche e vegetazionali, è possibile individuare le tipologie degli interventi di ingegneria naturalistica e di rinaturazione sia in ambito terrestre che in ambito acquatico; tali tipologie vanno espresse sia come consorzi vegetazionali che come tecniche di ingegneria naturalistica per le sistemazioni antierosive e di consolidamento e per l'aumento della qualità ambientale e paesaggistica dell'area stessa.

Si riporta, a titolo di esempio, la metodologia adottata nel progetto di sistemazione idraulica del T. Pentima Stalla presso Rocca di Papa (RM).

- esame delle cartografie e dei dati bibliografici esistenti sull'area
- indagini climatiche
- analisi geomorfologica
- rilevamenti topografici
- analisi idrologica ed idraulica
- ricostruzione delle sezioni geologiche e delle caratteristiche geomeccaniche delle sponde e dei versanti interessati
- indagini di campagna estese alle formazioni vegetazionali presenti in un ambito vasto, per la conoscenza delle specie, delle tipologie vegetazionali e della struttura delle formazioni di riferimento per gli interventi progettuali; le indagini vegetazionali nei popolamenti elementari presenti sono state effettuate tramite rilievi fitosociologici secondo la scuola di Braun Blanquet
- definizione delle tipologie vegetazionali dell'area di studio
- valutazione dello stato attuale della qualità ambientale dell'alveo ai fini della valutazione della compatibilità ambientale degli interventi progettuali
- definizione del progetto botanico degli interventi di rinaturazione e di inserimento paesaggistico ambientale.
- individuazione di interventi di sistemazione idraulica con:

a) opere di ingegneria naturalistica
b) opere classiche.

14.1 Analisi stazionale botanica

Introduzione

In un intervento di I.N. la capacità antierosiva e di consolidamento viene affidata, in ultima analisi, alle piante vive, delle quali è quindi essenziale conoscere le capacità e modalità di colonizzazione degli ambienti degradati.

Nel caso della palificata viva spondale, ad esempio, l'opera ha lo scopo di garantire il consolidamento del piede di una sponda in alternativa ad un muro di sostegno; a causa dei parametri morfologici ed ecologici, in tale situazione, le piante vive non sono in grado, da subito, di garantire tale consolidamento, per cui unitamente ad esse, vengono utilizzati tronchi in legno chiodati tra

loro. Con il tempo il legno si decomporrà e le talee e gli arbusti cresciuti sia nella parte aerea che nell'apparato radicale realizzeranno un cespuglieto con il raggiungimento dell'obiettivo progettuale del consolidamento unitamente alle altre finalità ecologiche e paesaggistiche tipiche delle tecniche di ingegneria naturalistica.

La scelta delle specie floristiche e delle tipologie vegetazionali :

- risulta quindi essenziale per il successo dell'intervento di I.N.
- dipende dagli obiettivi progettuali che possono prevedere varie tipologie vegetazionali quali il prato, il cespuglieto, il bosco od una loro combinazione
- richiede un accurato studio ecologico della stazione di intervento

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

La conoscenza della serie dinamica della vegetazione costituisce un elemento fondamentale nella scelta delle tipologie progettuali, dal momento che la vegetazione non è un sistema statico, ma un sistema vivente variabile con il tempo; tale evoluzione, osservabile, ad esempio, nella capacità di un bosco di riconquistare un campo abbandonato dalle coltivazioni, procede dalle forme più semplici erbacee verso quelle strutturalmente più complesse legnose; la conoscenza dei contatti seriali e catenali tra le varie tipologie vegetazionali presenti consente l'individuazione dello stadio dinamico di riferimento per il progetto e la previsione della sua evoluzione nel tempo tramite i necessari interventi di manutenzione; infatti, solo molto raramente, è possibile prevedere negli interventi di ingegneria naturalistica la vegetazione più evoluta (il bosco) sia per le limitazioni delle condizioni ecologiche (suoli primitivi, pendenza eccessiva, aridità, energia idraulica, etc.) che per vincoli tecnici (distanze di sicurezza, etc.).

I passaggi dinamici a partire dagli stadi pionieri erbacei fino a quelli arborei, non sempre si verificano nello stesso modo nelle varie situazioni ambientali ed è quindi essenziale, per il successo degli interventi di sistemazione delle aree degradate mediterranee, la ricostruzione , con idonee indagini di campagna, delle serie dinamiche reali della vegetazione nelle varie situazioni ecologiche e geomorfologiche dell'area di progetto piuttosto che il riferimento a schemi generali.

Indagini botaniche per la scelta delle specie e delle tipologie vegetazionali di progetto

Un progetto di ingegneria naturalistica deve basarsi su una approfondita conoscenza delle caratteristiche ambientali dell'area d'intervento, per riproporre tipologie vegetazionali, con funzioni antierosive e di consolidamento, coerenti con il territorio ed affini a stadi della serie vegetazionale autoctona; per raggiungere tale obiettivo, nelle situazioni di dissesto idrogeologico, ove sono state completamente alterate le condizioni vegetazionali, morfologiche, pedologiche ed idrauliche iniziali, si utilizzano, in genere, impianti di fitocenosi non molto evolute, con caratteristiche pioniere, capaci però di innescare il processo di rinaturalizzazione.

La conoscenza della vegetazione reale e potenziale dell'area, nonché la ricostruzione della serie dinamica della vegetazione per individuare gli stadi pionieri più evoluti, compatibilmente con le caratteristiche ecologiche stazionali e con le necessarie caratteristiche biotecniche risultano quindi elementi fondamentali per la progettazione.

Nell'analisi botanica va compreso uno studio sui lineamenti climatici della zona di intervento reperendo le serie mensili dei dati di temperatura e precipitazioni per la realizzazione del

diagramma di Walter o di Bagnouls-Gaussen ***(vedi Allegato Sutri - Progettazione)*** che fornisce importanti indicazioni per la scelta delle specie (vedi Lineamenti fitoclimatici capitolo 8.4).

Informazioni essenziali a riguardo sono contenute nella pubblicazione FITOCLIMATOLOGIA DEL LAZIO (Blasi,1994) che contiene la CARTA DEL FITOCLIMA DEL LAZIO.

Nell'analisi stazionale botanica sono possibili due tipi di indagine:

1) Analisi floristica

Tale analisi, più speditiva di quella fitosociologica, è da impiegarsi nelle situazioni più semplici, ove la limitata estensione dell'intervento unito alla omogeneità delle caratteristiche ecologiche della stazione possono rendere non necessarie ai fini progettuali le più dettagliate informazioni provenienti da una analisi di tipo vegetazionale. L'analisi floristica si basa sulla determinazione delle entità floristiche presenti con il riconoscimento della loro autoecologia (ad esempio le specie igrofile o xeriche) unitamente alle forme biologiche ed ai tipi corologici, che servono per l'individuazione delle specie autoctone.

Dalla lista delle specie autoctone riscontrate (Tab.14.1), strutturata secondo le forme biologiche, vanno selezionate le specie di progetto

FORME BIOLOGICHE

Le forme biologiche o di crescita delle piante rappresentano la possibilità di descrivere la struttura della vegetazione tramite i differenti adattamenti all'ambiente esterno (esempi intuitivi di forme biologiche sono l'albero, l'arbusto o la specie erbacea).
Il sistema utilizzato per classificare le forme biologiche è quello del botanico danese Raunkiaer (1902) che si basa sulla strategia assunta dalle piante per proteggere le gemme durante la stagione avversa (il freddo invernale o l'aridità estiva, a seconda del clima). Le piante vascolari sono suddivise in 6 classi principali:

- **Terofite (T)**: piante annuali che superano la stagione avversa sotto forma di semi (ad es. ***Papaver rhoeas***, papavero)
- **Idrofite (I)**: piante perenni acquatiche con gemme sommerse durante la stagione sfavorevole (ad es. ***Potamogeton natans***, lingua d'acqua).
- **Geofite (G)**: piante perenni con organi ipogei (bulbi o rizomi) sui quali si trovano le gemme. (ad es. ***Phragmites australis***, cannuccia di palude).
- **Emicriptofite (H)**: piante perenni con le gemme a livello del suolo (ad es. *Bellis perennis*, margherita).
- **Camefite (Ch)**: piante perenni, alla base legnose, con le gemme fino a 30 cm. da terra. (ad es. ***Helichrysum italicum***, elicriso).
- **Fanerofite (P)**: piante perenni legnose con le gemme a più di 30 cm. dal suolo (alberi ed arbusti).

Lo **spettro biologico** rappresenta la ripartizione percentuale delle varie forme biologiche della flora di un territorio ed evidenzia le relazioni tra clima e flora.

La conoscenza delle forme biologiche è di grande interesse applicativo nella progettazione degli interventi di I.N., in particolare nella scelta delle sementi per gli inerbimenti.

TIPI COROLOGICI

Le specie floristiche non si distribuiscono nel territorio in maniera uniforme; alcune occupano un areale molto ristretto, altre regioni molto estese, fino a quasi tutta la superficie terrestre.
I **tipi corologici** della flora italiana, cioè i gruppi che rappresentano la distribuzione geografica delle specie, sono essenzialmente (Pignatti, 1982):

- **Endemiche**: specie ad areale ristretto, sono l'elemento più caratteristico di una flora. L'Italia è ricca di endemismi (732, pari al 13,5% della flora) per la sua conformazione geografica e per la storia evolutiva della flora (ad es. ***Primula palinuri*****)**.
- **Mediterranee**: si dividono in stenomediterranee con areale lungo le coste del bacino mediterraneo come ***Arbutus unedo*** (corbezzolo) ed eurimediterranee che si estendono fino all'Europa media quali ***Fraxinus ornus*** (orniello).
- **Orofite sudeuropee**: specie differenziatesi sulle montagne dell'Europa meridionale dopo l'orogenesi terziaria come ***Abies alba*** (abete bianco).
- **Eurasiatiche**: diffuse nelle zone temperate dell'Europa e dell'Asia, in Italia predominano nella pianura padana e nella fascia di bassa montagna (ad es. ***Corylus avellana***, nocciolo).
- **Atlantiche**: specie con areale che gravita sulle coste atlantiche dell'Europa, legate ad un clima oceanico, con precipitazioni distribuite durante tutto l'anno e inverni non troppo freddi, ad es. ***Helleborus foetidus*** **(**elleboro puzzolente**)**.
- **Settentrionali**: distribuite nelle zone più fredde del globo, in Italia si rinvengono soprattutto nelle zone montane, come, ad es., ***Vaccinium myrtillus*** (mirtillo).
- **Cosmopolite**: specie ad ampia distribuzione diffuse in tutti i continenti, si ritrovano soprattutto negli ambienti antropizzati, come ***Amaranthus retroflexus*** **(**amaranto comune).

L'analisi dei tipi corologici consente di individuare le specie autoctone per gli interventi progettuali.

TAB. 14.1 - Progetto di sistemazione idraulica del fosso di Ponte Panato presso Sutri (VT).
Elenco delle specie legnose rinvenute nell'area dell'alveo

Alberi	
Quercus robur	Farnia
Quercus cerris	Cerro
Populus nigra	Pioppo nero
Quercus pubescens	Roverella
Ostrya carpinifolia	Carpino nero
Carpinus betulus	Carpino bianco
Ulmus minor	Olmo comune
Sambucus nigra	Sambuco nero
Acer campestre	Loppio
Cercis siliquastrum	Albero di Giuda
Arbusti	
Corylus avellana	Nocciolo
Lonicera caprifolium.	Caprifoglio
Cytisus scoparius	Ginestra dei carbonai
Cornus sanguinea	Sanguinello
Rosa canina	Rosa canina
Rubus ulmifolius	Rovo comune
Ligustrum vulgare	Ligustro
Salix caprea	Salice delle capre
Spartium junceum	Ginestra di Spagna
Crataegus monogyna	Biancospino
Viburnum tinus	Tino
Prunus spinosa	Prugnolo
Euonymus europaeus	Berretta da prete

2) Analisi fitosociologica

Tale analisi, da impiegarsi unitamente a quella floristica nelle situazioni più estese ed articolate dal punto di vista ecologico, è quella che fornisce le informazioni più complete nelle decodifica del messaggio che la copertura vegetale fornisce al progettista.

La fitosociologia è la branca della botanica che studia le comunità vegetali.

La sua caratteristica consiste nell'uscire da un ambito qualitativo per approdare ad un'analisi qualitativa-quantitativa che consente un confronto oggettivo tra situazioni fisionomicamente simili o diverse.

Il metodo, messo a punto da J. Braun Blanquet negli anni '20 dello scorso secolo ed adottato da tutta la scuola europea, si basa sul riconoscere la vegetazione formata da unità discrete caratterizzate da una certa composizione floristica: le associazioni.

L'associazione vegetale è definita da J. Braun Blanquet come "*un aggruppamento vegetale più o meno stabile ed in equilibrio con l'ambiente, caratterizzato da una composizione floristica, in cui alcune specie vegetali, che si rinvengono quasi esclusivamente in questo popolamento, rilevano con la loro presenza, una ecologia particolare ed autonoma"*.

A partire dall'associazione è possibile riconoscere delle unità sintassonomiche superiori comprendenti la vegetazione di territori sempre più estesi.

L'elemento operativo fondamentale nell'indagine fitosociologica è il rilievo consistente nel censimento delle specie vegetali di una stazione opportunamente scelta all'interno di una zona fisionomicamente omogenea, accompagnato da una valutazione quantitativa sull'abbondanza di ogni specie, nonché delle principali caratteristiche ecologiche e strutturali della stazione stessa (altitudine, inclinazione, esposizione, stratificazione, etc.).

I rilievi (Tab.14.2) possono poi essere elaborati con metodi statistici di analisi multivariata (classificazione e ordinamento) allo scopo di ottenere una tabella strutturata.

Tramite l'analisi fitosociologica viene individuato lo stadio dinamico evolutivo o degenerativo di una comunità vegetale, ottenendo elementi di previsione del suo sviluppo nel tempo.

La possibilità quindi di classificare la vegetazione di una zona secondo certe unità organizzate gerarchicamente in relazione ai parametri ambientali con informazioni sulla tendenza evolutiva dei processi fanno della fitosociologia uno strumento fondamentale nello studio di un territorio e nella progettazione degli interventi di ingegneria naturalistica

La redazione della carta della vegetazione costituisce inoltre la graficizzazione della sua distribuzione sul territorio secondo i fattori ambientali e consente di avere informazioni sulle caratteristiche ecologiche e strutturali delle varie fitocenosi, nonché sul dinamismo in atto.

Tab. 14.2 - Progetto di sistemazione idraulica del T.Pentima Stalla - Rocca di Papa (RM). Tabella riassuntiva dei rilievi fitosociologici delle formazioni arboree del bacino

Rilievo	1	2	3	4	5	6	7
Altitudine	765	615	830	800	550	610	735
Esp.	SSE	ENE	ENE	WNW	W	W	SW
Inclinaz.(°)	20	30	30	15	15	30	40
Strato arboreo							
h (m)	15- 18	16-18	15-18	15-20	18-20	8-12	8-10
diam (cm)	10-35	15-25	8-40	8-35	8-30	4-10	8-12
cop. (%)	60	60	60	60	65	55	100
Castanea sativa	4	3	4	4	4	3	
Ostrya carpinifolia		1				1	1
Quercus ilex							5
Quercus cerris						2	1
Quercus pubescens						1	1
Acer obtusatum						1	1
Strato arbustivo h (m)	3-4	2-3	0,5-1	1-5	1-2	0,5-2	2-3
cop. (%)	4	40	5	25	10	20	5
Ilex aquifolium	1	3			1	+	1
Rubus ulmifolius		1	1	1	1	1	
Erica arborea						1	1
Cistus sp.							1
Cytisus scoparius			1	+		+	
Castanea sativa				2			
Sambucus nigra				1	+		
Lonicera sp.					+	+	
Quercus ilex					+	1	
Prunus spinosa						+	
Cornus mas						+	
Ruscus aculeatus						2	
Euonymus europaeus				+	+		
Rosa canina				+			
Crataegus monogyna					1	+	
Coronilla emerus						1	
Strato erbaceo							
cop. (%)	20	15	30	10	8	15	
Ranunculus lanuginosus	2	+	1	+	1		
Ruscus aculeatus	1	2			1	2	1
Scilla bifolia	1	+	+	+	+	+	
Daphne laureola	+	+	+	+	+	+	
Cyclamen repandum	+	+	+		1	1	+
Viola odorata	+						+
Rubus ulmifolius	+		3	1			
Galanthus nivalis	+	1	+				
Ilex aquifolium	+		+				
Arum maculatum			+	1			
Arum italicum	+	1			+		
Hedera helix	+	+	1	+		2	+
Galium aparine	+					+	
Pteridium aquilinum	+		+				+
Helleborus foetidus	+		+	+	+	+	

Anemone apennina	+	+			+	+	
Pulmonaria saccharata	+	+		+	+		
Euphorbia amygdaloides	+		+	1	+		
Euphorbia helioscopia						+	
Dactylis glomerata	+						
Fragaria vesca	+			+		+	
Polypodium vulgare			+				
Galium odoratum			+				
Lathyrus sp.			+				
Geranium robertianum			+				
Luzula forsteri			+				
Veronica sp.			+	+	1		
Viola reichembachiana			+	+	+		
Cnidium silaifolium			+				
Brachypodium sylvaticum				+		+	
Digitalis micrantha				+			
Alliaria petiolata					+		
Teucrium chamaedrys						+	
Buglossoides purpurocaerulea						+	
Symphytum tuberosum					+		
Sambucus nigra	+						
Lamium maculatum	+		+	+			
Crocus napolitanus	+		+	+			
Ranunculus ficaria	+						
Polystichum setiferum		1					
Phyllitis scolopendrium		+					
Rubia peregrina						+	+
Quercus ilex pl.						+	+
Coronilla emerus							+
Asplenium adiantum nigrum						+	+
Asplenium trichomanes						+	+

Metodologia tipo di analisi botanica

Si riporta a titolo di esempio la metodologia di analisi floristica e vegetazionale utilizzata per un progetto di sistemazione idraulica nella zona di Sezze (LT)

Lo studio è stato eseguito secondo le seguenti fasi:

- esame delle cartografie e dei dati bibliografici esistenti sull'area
- indagini floristiche ai fini del censimento delle specie vegetali; la determinazione è stata effettuata secondo la Flora d'Italia di Pignatti
- indagini vegetazionali per la definizione delle tipologie esistenti e della struttura delle formazioni; le indagini vegetazionali nei popolamenti elementari presenti sono state effettuate con rilievi fitosociologici secondo il metodo sigmatista di Braun- Blanquet.
- redazione della carta delle fisionomie vegetali esistenti in scala 1:10.000;
- redazione della carta della qualità ambientale in scala 1:10.000, in base a parametri morfologici, alla naturalità dell'alveo ed al rapporto con l'ambiente limitrofo.
- considerazioni sulla flora e sulle fitocenosi per la individuazione di stazioni di rilevante interesse naturalistico al fine della loro salvaguardia e protezione.
- definizione delle specie e delle tipologie vegetazionali di progetto

14.2 LA SCHEDA DI VALUTAZIONE DELLA QUALITA' AMBIENTALE DI UN CORSO D'ACQUA

Nei progetti di sistemazione idraulica è necessaria oltre alla descrizione dell'ambiente circostante una valutazione della sua qualità ambientale al fine di meglio orientare le scelte progettuali; se, ad esempio, la individuazione di tratti con presenza di vegetazione ripariale di pregio, pone il problema della loro salvaguardia e conservazione, all'opposto, la individuazione di tratti con forte pressione antropica pone il problema della loro riqualificazione ambientale.

La valutazione della qualità ambientale di un corso d'acqua, come risulta dai progetti redatti per le sistemazioni idrauliche nella regione Lazio, scaturisce, nei rari casi nei quali è stata presa in considerazione, da indagini floristiche e vegetazionali, che a partire dall'analisi di alcuni parametri (rarità, naturalità, struttura, composizione floristica, etc.) si traducono in valutazioni gerarchiche ed in cartografie della qualità ambientale (ad esempio Tab.14.3 e TAVV. 2 e 3 in capitolo Esempi di allegati progettuali), molto utili per la progettazione degli interventi di I.N..

Tab.14.3 - VALUTAZIONE DELLO STATO ATTUALE DELLA QUALITA' DELL'ALVEO DEL RIO INFERNO A CASSINO

Livelli di qualità ambientale	
Nulla	alveo completamente cementificato sul fondo e sulle sponde e totalmente privo di vegetazione.
Estremamente bassa	alveo cementificato, ma con deposito di sedimento sul fondo, ove gli interventi di manutenzione hanno asportato completamente la copertura vegetale.
Bassa	alveo cementificato, ma con deposito di sedimento, ove l'assenza di manutenzione ha consentito la presenza di vegetazione erbacea sinantropica a *Verbascum sinuatum, Stellaria media, Chenopodium album, Conyza canadensis, etc.*
Medio – bassa	alveo non cementificato occupato da vegetazione sinantropica a *Rubus ulmifolius, Arundo donax* e *Clematis vitalba.*
Media	Tratto di alveo cementificato solo in corrispondenza della savanella del fondo, ove persiste un popolamento arboreo igrofilo a *Salix alba, Populus nigra, Ulmus minor e Rubus ulmifolius*
Alta	versanti del tratto inciso dell'alveo occupati nelle situazioni più acclivi dalla lecceta a *Quercus ilex* a, *Viburnum tinus, Pistacia lentiscus, Hedera helix e Smilax aspera;* nelle stazioni a minor pendenza e sui terrazzi fluviali prevalgono le formazioni arboree di caducifoglie a *Quercus cerris, Quercus pubescens, Quercus robur Fraxinus ornus ,Ruscus aculeatus, Hedera helix e Clematis vitalba*

Accanto a tali strumenti tradizionali fin dagli anni '80 del secolo scorso sono iniziate ricerche per la raccolta delle informazioni ecologiche dei corsi d'acqua tramite schede a domande predisposte collegate all' RCE-I (Riparian Channel Envirenmental Inventory di Petersen, 1987), all'RCE-2 (Siligardi e Maiolini, 1993) ed all'I.F.F. (Indice di Funzionalità Fluviale dell'A.N.P.A., 2001), di notevole interesse applicativo.

Quale ulteriore contributo, che trae utili riferimenti dalle suddette ricerche ed, in particolare dal manuale dell'A.N.P.A., alla valutazione della qualità ambientale di un corso d'acqua, è stata predisposta la scheda allegata che si propone il raggiungimento dell'obiettivo tramite una indagine semplificata e speditiva per valutare, senza l'ausilio di approfondimenti scientifici, troppo lunghi e costosi rispetto all'obiettivo, l'ambito di un intervento di I.N. nella regione Lazio.

La scheda, che vale per le acque dolci correnti, contiene 3-5 domande per le quali è prevista una sola risposta (la più rispondente alla realtà), nella consapevolezza della impossibilità di interpretare tutte le articolazioni emerse nel rilevamento.

I valori numerici sono espressi in scala esponenziale (Bracco et al., 1984); tale scelta, puramente soggettiva, deriva da una verifica pluriennale nell'attività professionale della scala nelle valutazioni di qualità ambientale.

La scheda di 8 domande sulle caratteristiche biotiche ed abiotiche, è basata sull'impiego della vegetazione (domande 1-5) come principale indicatore ecologico del valore ambientale del corso d'acqua. Ad esso si affiancano una domanda sul regime idraulico (n.6) e due (n.7 e 8) sulla morfologia della sezione trasversale e del corso longitudinale.

Per la sua compilazione si richiedono soprattutto conoscenze naturalistico-vegetazionali.

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

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

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

Tali tratti, dato lo scopo di fornire una lettura di insieme per orientare le scelte progettuali e la scala di restituzione 1:10.000, non devono essere troppo brevi, (minimo 40 – 50 metri) ignorando le discontinuità puntuali, quali un ponte od altre opere idrauliche.

La scheda oltre che per una valutazione *ante operam* è indicata anche per una valutazione *post operam*, per verificare l'aumento di qualità ambientale a seguito di interventi di ingegneria naturalistica.

SCHEDA DI VALUTAZIONE
DELLA QUALITA' AMBIENTALE DI UN CORSO D'ACQUA

SCHEDA N° FOTO N° DATA CORSO D'ACQUA COMUNE LOCALITA' ALTITUDINE LUNGHEZZA TRATTO ESAMINATO		
OSSERVAZIONI		
SPONDA	SX	DX
1 TERRITORIO TERRESTRE CIRCOSTANTE		
boschi autoctoni, vegetazione potenziale	16	16
cespuglieti, boscaglie autoctone	8	8
incolti, prati pascoli, formazioni legnose sinantropiche	4	4
colture agrarie	2	2
aree urbanizzate	1	1
2 VEGETAZIONE FASCE RIPARIALI		
2.1 formazioni arboree ripariali autoctone (saliceti, ontaneti, pioppeti)	16	16
2.2 formazioni arbustive ripariali autoctone (saliceti, cespuglieti igrofili), popolamenti elofitici, cariceti, formazioni erbacee igrofile, formazioni arboree sinantropiche con significative presenze di esemplari di 2.1	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 (2.1,2.2) maggiore di 30 m.	16	16
Fascia ripariale autoctona (2.1,2.2) 5 -30 m.	8	8
Fascia ripariale autoctona (2.1,2.2) 1 -5 m.	4	4
assenza fascia ripariale autoctona (2.1,2.2)	1	1
4 CONTINUITA' FASCIA RIPARIALE		
Fascia ripariale autoctona (2.1,2.2) senza interruzioni	16	16
Fascia ripariale autoctona (2.1,2.2) con interruzioni saltuarie	8	8
Fascia ripariale autoctona (2.1,2.2) con interruzioni frequenti	4	4
assenza fascia ripariale autoctona (2.1,2.2)	1	1
	ALVEO	
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 NATURALITA' 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, etc.)	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 QUALITA'	

CLASSE DI QUALITA'	**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

ESEMPI DI APPLICAZIONE DELLA SCHEDA

Esempio 1: corso d'acqua appenninico La qualità è buona, ma non elevata per la leggera antropizzazione del territorio circostante						
Foto n°14.1						
Esempio 2: fiume di pianura urbanizzata La riva sinistra presenta una migliore qualità della destra per la presenza della fascia ripariale arborea						
Foto n°14.2						
Esempio 3: corso d'acqua di fondovalle canalizzato, di pessima qualità ambientale per l'elevata pressione antropica sia fuori che entro l'alveo						
Foto n°14.3						
ESEMPIO	**1**		**2**		**3**	
SPONDA	SX	DX	SX	DX	SX	DX
1 TERRITORIO TERRESTRE CIRCOSTANTE						
boschi autoctoni, vegetazione potenziale						
cespuglieti, boscaglie autoctone						
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	16			
2.2 formazioni arbustive ripariali autoctone (saliceti, cespuglieti igrofili), popolamenti elofitici, cariceti, formazioni erbacee igrofile, formazioni arboree sinantropiche con significative presenze di esemplari di 2.1						
incolti, prati pascoli, formazioni sinantropiche (robinieti, roveti , canneti ad *Arundo donax)*				4		
colture agrarie						
assenza di vegetazione per cause naturali o antropiche					1	1
3 AMPIEZZA FASCIA RIPARIALE						
Fascia ripariale autoctona (2.1,2.2) maggiore di 30 m.						
Fascia ripariale autoctona (2.1,2.2) 5 -30 m.	8	8	8			
Fascia ripariale autoctona (2.1,2.2) 1 -5 m.						
assenza fascia ripariale autoctona (2.1,2.2)				1	1	1
4 CONTINUITA' FASCIA RIPARIALE						
Fascia ripariale autoctona (2.1,2.2) senza interruzioni	16					
Fascia ripariale autoctona (2.1,2.2) con interruzioni saltuarie		8				
Fascia ripariale autoctona (2.1,2.2) con interruzioni frequenti			4			
assenza fascia ripariale autoctona (2.1,2.2)				1	1	1
5 VEGETAZIONE NELL'ALVEO BAGNATO	ALVEO		ALVEO		ALVEO	
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		4	
elevata copertura di macrofite eutrofiche , acque altamente inquinate						
6 REGIME IDRAULICO						
alveo di morbida con portata continua durante tutto l'anno			16			
alveo di morbida con portata discontinua	8				8	
alveo in secca per la maggior parte dell'anno						
7 NATURALITA' 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, etc.)						
8 DIVERSIFICAZIONE MORFOLOGICA DEL TRACCIATO LONGITUDINALE						
meandri o raschi, pozze ben distinti e ricorrenti	16					
meandri o raschi, pozze presenti, ma discontinui						
corso canalizzato, ma non rettificato			4		4	
corso d'acqua rettificato						
TOTALE	92	84	62	40	24	24
CLASSE DI QUALITA'	II	II	III	IV	V	V

Foto 14.1 (Foto P. Cornelini)

Foto 14.2 (Foto P. Cornelini)

Foto 14.3 (Foto P. Cornelini)

14.3 Il progetto botanico

Le piante, i materiali da costruzione delle tecniche di I.N., possono essere impiegate in varie forme quali semi, piante radicate, zolle, rizomi, talee, sfruttando, nell'ultimo caso, la capacità di alcune specie, quali e ad es. i salici o le tamerici, di conservare entro i tessuti specializzati alcune cellule meristematiche in grado di attivare i processi biologici di ricostruzione dell'intero individuo.

Il progetto botanico deve individuare, a seguito delle analisi stazionali, la lista delle specie e le tipologie vegetazionali di progetto (Tabb.14.4,14.5 e 14.6). Nella scelta delle specie da utilizzare, tra quelle autoctone coerenti con l'ambiente ecologico circostante e appartenenti alla serie della vegetazione potenziale, 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 della sponda.

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, etc.) dell'area di intervento
- appartenenti allo stadio dinamico della serie della vegetazione potenziale più evoluto possibile in funzione delle caratteristiche ecologiche della stazione realizzate dall'intervento
- aventi le necessarie caratteristiche biotecniche

Le specie legnose (le sole idonee per gli interventi di stabilizzazione o consolidamento) più adatte a operare in stazioni con caratteristiche ecologiche difficili, quali una sponda instabile con suoli poco evoluti o assenti, e quindi, in genere, poco idonee all'impianto degli alberi, che richiedono condizioni più favorevoli, sono gli arbusti pionieri autoctoni; questi possiedono apparati radicali in grado di consolidare, in media, fino ad uno spessore di circa 1,5-2 metri di substrato con un reale miglioramento dei parametri geotecnici quali l'angolo di attrito e la coesione; a tale azione puntuale o lineare di consolidamento va comunque unita un'azione di protezione antierosiva areale del pendio ad opera delle specie erbacee che agiscono tipicamente nei primi decimetri di suolo.

L'effetto combinato del prato e del cespuglieto pioniero, realizzati con le tecniche di I.N., comporta anche il miglioramento del bilancio idrico del suolo, garantendo con interventi semplici, ma estesi a livello territoriale nelle aree instabili e con un'azione soprattutto preventiva, una significativa riduzione percentuale dei fenomeni erosivi e franosi.

Le maggiori esperienze di utilizzo delle tecniche di ingegneria naturalistica sono state fatte nelle regioni dell'arco alpino caratterizzate da un clima più mesofilo (più fresco, più umido e con estati senza grossi stress idrici) di quello mediterraneo, con situazioni ecologiche più favorevoli all'attecchimento delle piante.

I problemi legati all'utilizzo delle piante vive in ambito mediterraneo che caratterizza una larga fascia costiera del territorio laziale sono quindi:

- la presenza di un periodo estivo xerico con stress idrico, che determina nelle piante una serie di adattamenti biologici (sclerofillia, tomentosità, spinosità, etc.)
- la presenza di un periodo di riposo vegetativo più breve di quello delle regioni alpine, con conseguente periodo più breve per l'utilizzo delle specie con capacità di riproduzione vegetativa, quali i salici o le tamerici, il cui utilizzo ottimale è legato a tale periodo

- la difficile reperibilità delle talee e del materiale vivaistico autoctono, sia dal punto di vista qualitativo che quantitativo.

Ne deriva la necessità di maggiori accorgimenti, tramite idonee analisi floristiche e vegetazionali, nella scelta delle specie vegetali per gli interventi di ingegneria naturalistica in ambito mediterraneo, in quanto le specie autoctone di comune impiego e maggiormente reperibili nei vivai non sempre garantiscono l'attecchimento nelle condizioni ecologiche difficili dell'ambiente mediterraneo.

I salici sono molto utilizzati nelle sistemazioni idrauliche ove rappresentano la tipologia vegetazionale finale, ma anche, in genere, in molte sistemazioni terrestri ove si impiegano come elemento transitorio, verso le tipologie vegetazionali di progetto, in quanto, con idonei interventi di manutenzione, saranno poi favoriti gli arbusti autoctoni originariamente messi a dimora insieme ad essi.

L'utilizzo massiccio dei salici, specie in genere meso-igrofile, pur compatibile, dal punto di vista ecologico, con le caratteristiche delle stazioni umide mediterranee, quali quelle dei corsi d'acqua o di montagna, va ben valutato nelle altre situazioni ambientali ove spesso non è proponibile per limiti ecologici e climatici, per assenza di coerenza floristico-vegetazionale, e per le difficoltà di reperimento.

Emerge quindi la esigenza del reperimento di specie xerofile mediterranee erbacee, arbustive ed arboree, che non sempre il mercato vivaistico pubblico o privato è in grado di soddisfare.

Tale esigenza vale ancor più per le aree protette ove va garantita la provenienza del materiale vivaistico, per il pericolo dell'inquinamento genetico dovuto a razze, varietà o cultivar di altre regioni o addirittura nazioni.

Esiste poi un filone di ricerca sull'impiego delle piante radicate mediterranee negli interventi di ingegneria naturalistica, basato sull'osservazione del comportamento in natura di alcuni arbusti radicati che reagiscono alla messa a dimora suborizzontale e conseguente interramento con una radicazione estesa a tutto il fusto, in maniera quindi assimilabile a quella delle talee.

Tabella 14.4
METODOLOGIA PER L'INDIVIDUAZIONE ED IL REPERIMENTO DELLE SPECIE PER L'INERBIMENTO

1 - Analisi floristica e vegetazionale con ricostruzione della serie dinamica della vegetazione
2 - Individuazione dello stadio di progetto compatibile con le caratteristiche ecologiche della stazione
3 - Selezione delle specie in base a:
  a) forme biologiche
  b) tipi corologici
  c) caratteristiche biotecniche
4 - Confronto con le specie disponibili sul mercato
5 - Reperimento delle specie nuove mediante:
  a) prelievo dal selvatico (talee, cespi, rizomi, semi, fiorume)
  b) produzione vivaistica ex novo

Tab. 14.5 - Elenco delle specie erbacee per l'inerbimento
Progetto esecutivo sistemazione alveo fosso di ponte Panato presso Sutri (VT)

Famiglia Gramineae	***%***
Agropyron repens	6
Cynodon dactylon	6
Festuca ovina	6
Lolium multiflorum	5
Poa trivialis	4
Dactylis glomerata	6
Festuca arundinacea	6
Lolium perenne	5
Holcus lanatus	4
Festuca rubra	4

Famiglia Leguminosae	
Lotus corniculatus	8
Medicago sativa	5
Vicia sativa	4
Trifolium pratense	3
Onobrychis viciifolia	6
Medicago lupulina	5
Vicia villosa	4
Trifolium repens	3

Altre	
Plantago lanceolata	4
Taraxacum officinale	4
Sanguisorba minor	2

Totale	100
Quantità gr/mq.	40

Tab. 14.6 - Progetto sistemazione idraulica Rio Inferno Cassino (FR)
Elenco delle tipologie vegetazionali e delle specie legnose di progetto

Cespuglieti	
1A - *Cespuglieti termo-xerofili*	
Phillyrea latifolia	fillirea
Pistacia lentiscus	lentisco
Myrtus communis	mirto
Cistus salvifolius	cisto femmina
Cistus incanus	cisto rosso
Erica arborea	erica arborea
Erica multiflora	erica multiflora
Rosa sempervirens	rosa di S.Giovanni
Juniperus communis	ginepro comune
1B - *Cespuglieti termo-mesofili*	
Crataegus monogyna	biancospino
Viburnum tinus	lentaggine
Carpinus orientalis	carpino orientale
Spartium junceum	ginestra comune
Coronilla emerus	dondolino
Ligustrum vulgare	ligustro
Cercis siliquastrum	albero di Giuda
Cornus sanguinea	sanguinello
Euonymus europaeus	fusaggine
Prunus spinosa	prugnolo
Rosa canina	rosa selvatica
Acer campestre	testucchio
1C - *Cespuglieti meso-igrofili*	
Salix alba	salice bianco
Salix purpurea	salice rosso
Salix eleagnos	salice ripaiolo
Salix caprea	salice delle capre
Populus alba	pioppo bianco
Populus nigra	pioppo nero
Populus tremula	pioppo tremulo
Crataegus monogyna	biancospino
Cornus sanguinea	sanguinello
1D - *Talee*	
Salix alba	
Salix purpurea	
Salix eleagnos	
Ligustrum vulgare	
Tamarix sp. pl.	
Specie arboree	
Quercus cerris	cerro
Quercus ilex	leccio

Quercus robur	farnia
Quercus pubescens	roverella
Populus alba	pioppo bianco
Populus nigra	pioppo nero
Populus tremula	pioppo tremulo
Acer campestre	testucchio
Acer monspessulanum	acero minore
Fraxinus ornus	orniello
Sorbus domestica	sorbo comune
Ostrya carpinifolia	carpino nero
Cercis siliquastrum	albero di Giuda
Pyrus pyraster	pero selvatico

14.4 Una sperimentazione nel territorio laziale sulle proprietà biotecniche di specie arbustive mediterranee

D. Dallari[1], P. Laranci[2]

Nell'ambiente mediterraneo, dove lo stress idrico e le alte temperature estive condizionano l'attecchimento e lo sviluppo delle piante, le ricerche applicative su piante termo-xerofile tipiche di questo ambiente da utilizzare come materiale vivente nelle opere d'ingegneria naturalistica sono ancora molto limitate.

Per tale ragione la sezione AIPIN Lazio, in collaborazione con l'Università degli Studi della Tuscia[3] e con il contributo di alcuni operatori del verde[4], ha promosso un primo campo sperimentale sulle capacità biotecniche delle seguenti piante arbustive autoctone mediterranee: la fillirea (*Phillyrea latifolia*), l'alaterno (*Rhamnus alaternus)*, la lentaggine *(Viburnum tinus), la* fusaggine *(Euonymus europaeus*), il dondolino *(Coronilla emerus*), il terebinto *(Pistacia terebinthus*), la ginestra odorosa *(Spartium junceum)* e l'acero campestre *(Acer campestre).*

Le piante, con pane di terra, sono state impiegate nella realizzazione di una "gradonata con piantine", al fine di verificare primariamente la capacità delle specie di emettere radici avventizie nelle particolari condizioni stazionali. Altri obiettivi della sperimentazione sono stati la valutazione della capacità di attecchimento delle piante, la verifica dello sviluppo degli organi ipogei ed epigei e l'esame della resistenza a trazione delle radici.

Dai primi risultati è emerso che le otto specie hanno avuto comportamenti molto diversi riguardo l'emissione di radici avventizie:

1) specie in cui tutte le piante hanno emesso radici in modo abbondante: **viburno e fusaggine;**
2) specie in cui alcune piante hanno emesso poche e piccole radici: **fillirea, coronilla, alaterno**;
3) specie che non hanno emesso radici: **acero, terebinto, ginestra**.

Il progetto sperimentale ha confermato, primariamente, le buone probabilità di attecchimento delle specie utilizzate in relazione ai fattori climatici ed edafici limitanti.

Il Viburnum tinus è l'unica specie, fra le sclerofille, per la quale è stata verificata l'attitudine ad essere usata in opere come la gradonata viva a scopo di stabilizzazione, in mescolanza con specie più efficaci.

Per *Euonymus europaeus* l'attitudine alla stabilizzazione, già verificata in ambiente alpino si conferma anche in ambiente mediterraneo. Le radici avventizie garantiscono una buona stabilizzazione dello strato di terreno attraversato dai fusti interrati e la specie si rende più competitiva rispetto alle altre piante.

Le altre sclerofille mediterranee *Rhamnus alaternus* e *Phillyrea latifoglia* e la leguminosa *Coronilla emerus* hanno confermato le loro potenzialità di emettere radici avventizie, ma in quantità e dimensioni inferiori a quelle delle specie precedenti e non sembrano quindi affidabili negli interventi di stabilizzazione.

Nel caso della ginestra *Spartium junceum,* è stata verificata la buona riuscita nell'interramento parziale del fusto e non è da sottovalutarne il contributo alla stabilizzazione ad opera dei numerosi polloni interrati e significati. Inoltre il vecchio apparato radicale ha mostrato una notevole propensione all'approfondimento.

---

[1] dott. forestale libero professonista, socio esperto AIPIN
[2] laureato in scienze forestali
[3] Dipartimento di Scienze dell'Ambiente Forestale e delle sue Risorse – Facoltà di Agraria.
[4] società Valleverde s.p.a (Roma) e Massimi Angelo & C. s.r.l. (Palombara Sabina): sponsor della ricerca.

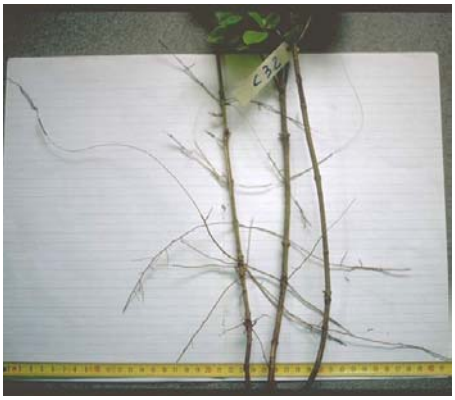


Fig. 14.1 - Particolari di radici avventizie nella fusaggine

Fig.14.2 – Particolari di radici avventizie nel viburno

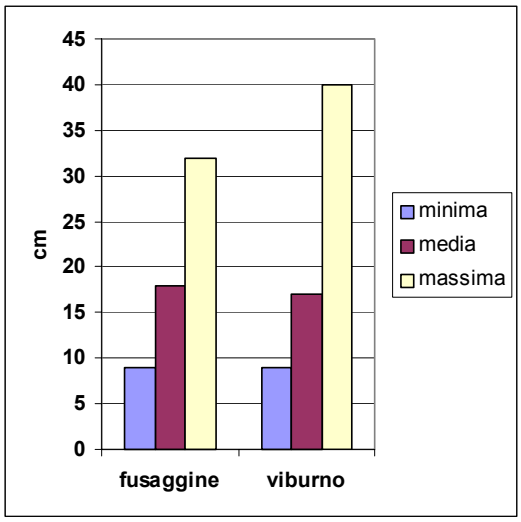


Fig.14.3 - lunghezza raggiunta dalle radici avventizie: valori del campione estratto a 14 mesi

CAPITOLO 15

LE SISTEMAZIONI IDRAULICHE CON TECNICHE DI INGEGNERIA NATURALISTICA

P. Cornelini, F. Preti, G. Sauli

Introduzione

Eventi alluvionali catastrofici si ripetono con sempre maggior frequenza in molte regioni d'Italia per una serie di fattori:

- precipitazioni eccezionali concentrate in brevi periodi;
- occupazione capillare del territorio da parte di infrastrutture non sempre pianificate adeguatamente;
- carenza di interventi manutentori nelle zone montane e collinari;
- abusivismo edilizio, discariche non controllate negli alvei, etc.

Gli interventi idraulici negli ultimi decenni sono stati inoltre spesso caratterizzati da motivi d'urgenza o realizzati come sistemazioni puntuali, invece di essere inseriti in una programmazione lungimirante, come richiederebbero le problematiche varie e complesse del settore.

È ormai convinzione generale che solo l'analisi di tutte le componenti abiotiche e biotiche, a scala di bacino e con casistiche di lungo periodo, possa far comprendere le complesse dinamiche naturali idrologico-idrauliche ed ecologiche di un corso d'acqua.

CONDIZIONI E LIMITI DI APPLICABILITÀ

L'impiego delle tecniche di I.N. è legato al soddisfacimento di alcune condizioni:

- ❖ individuazione e riproduzione di specie autoctone, soprattutto erbacee ed arbustive, con caratteristiche di radicazione adatte ai fini antierosivi e di consolidamento; in particolare di specie con possibilità di riproduzione vegetativa diretta nell'ambiente naturale e non in serra o vivaio;
- ❖ disponibilità di materiali locali quali pietrame e legname;
- ❖ disponibilità (scontata) di materiali commerciali quali geosintetici, stuoie, gabbioni, reti metalliche, etc.;
- ❖ disponibilità di mano d'opera specializzata;
- ❖ disponibilità di normali macchine movimento terra, perforazione, taglio, etc.

Vanno evitati alcuni errori già verificatisi quali:

- ❖ prevalente impiego di materiali inerti e uso del verde non funzionale ma a scopo di mascheramento;
- ❖ impiego di specie esotiche, con problemi di contaminazione genetica e di infestazione;
- ❖ errate applicazioni iniziali con fallimento funzionale, e/o mancato sviluppo delle piante;
- ❖ sopravvalutazione e superamento dei limiti delle possibilità biotecniche dell'I.N.;
- ❖ adozione di tecnologie molto costose legate alla commercializzazione di singoli materiali e non giustificate sul piano tecnico-biologico.

Le esperienze metodologiche, tecnologiche e biologiche già maturate in Italia possono garantire una rapida e vasta espansione delle tecniche di l.N. nei settori di impiego.

CRITERI DI PROGETTAZIONE NATURALISTICA

Gli interventi di I.N. vanno visti nel quadro della rinaturazione dei corsi d'acqua che deve comprendere non solo interventi antierosivi con le specie vegetali vive, ma anche azioni volte al massimo della diversità morfologica nel tracciato o nella sezione dell'alveo, per offrire nicchie specializzate alle comunità ittiche e bentoniche.

Va quindi valutata la possibilità di realizzare:

- modifiche morfologiche al corso d'acqua, diminuendo la monotonia dei tratti canalizzati, recuperando ove possibile, vecchi meandri, ampliando le sezioni in area golenale o creando delle casse di espansione arginate, con evidente beneficio idraulico complessivo;
- interventi di sola rinaturazione a lato dei corsi d'acqua (creazione di biotopi umidi, etc.) anche in tratti senza necessità di interventi idraulici,
- provvedimenti di uso faunistico quali: rampe a blocchi, scale di risalita per pesci, tane, stagni per la riproduzione degli anfibi, etc.

Gli interventi sull'asta fluviale vanno quindi concepiti secondo il principio che la diversità morfologica si traduce in biodiversità, invertendo la tendenza alla riduzione delle aree di pertinenza del corso d'acqua ed alla rettificazione e cementificazione dell'alveo, non considerando la vegetazione igrofila come un ostacolo al rapido deflusso delle acque, ma come una risorsa non solo naturalistica, bensì di interesse idraulico per la protezione flessibile dall'erosione.

L'analisi delle varie componenti ambientali e delle loro interazioni con le caratteristiche idrauliche dovrà quindi valutare, iniziando da monte, ove porre in atto i seguenti interventi, impiegando i criteri e le tecniche dell'ingegneria naturalistica:

- Interventi di rinverdimento per la protezione antierosiva dei versanti in erosione per consentire l'aumento del tempo di corrivazione delle acque e la diminuzione del trasporto solido a valle.
- Interventi sul corso d'acqua tesi a diminuirne l'energia cinetica tramite la riduzione della pendenza. Ove sia necessario ridurre la pendenza longitudinale dell'alveo al posto delle briglie in cemento, in molti casi si possono impiegare le briglie in legno e pietrame eventualmente combinate con elementi vivi quali le talee di salice; per garantire poi la continuità biologica all'ittiofauna, ove le caratteristiche morfologiche dell'alveo lo consentano, è possibile realizzare, al posto delle briglie, le rampe in pietrame per la risalita dei pesci.
- Realizzazione di casse d'espansione, per laminare i volumi di piena riducendone i picchi, ottenendo aree da sistemare secondo principi naturalistici che aumentano la biodiversità.
- Realizzazione di aree inondabili in corrispondenza dell'alveo, ampliando le sezioni idrauliche con la creazione di un alveo di magra con portata idraulica ed uno di piena allagato periodicamente.
- Interventi nei tratti di maggior pendenza per la realizzazione di tratti a raschi con massi sul fondo alternati con pozze, per incrementare la variabilità morfologica e quindi la biodiversità.
- Realizzazione, ove possibile, di aree umide in corrispondenza delle immissioni dei canali di drenaggio o dei fossi affluenti
- Interventi antierosivi e di consolidamento sull'asta fluviale concepiti anche invertendo la tendenza alla riduzione delle aree di pertinenza del corso d'acqua,

- Interventi tesi ad eliminare i tratti rettificati dell'alveo che possono comportare un aumento dell’erosione a monte e del deposito a valle, con conseguente pericolo di esondazione e che comportano la perdita di habitat e la riduzione della biodiversità; favorire la meandrificazione del corso d’acqua nei tratti compatibili, con conseguente asimmetria della sezione idraulica significa invece riproporre la morfologia naturale e aumentare le capacità depurative del corso d’acqua.
- Eliminazione dei tratti cementificati per spezzare l’isolamento tra l’acqua ed il substrato, ricostituendo il rapporto con la falda e rendendo possibile la rivitalizzazione del corso d’acqua.
- Realizzazione soprattutto nelle aree di pianura ad agricoltura intensiva, di fasce tampone di circa 10 m a lato delle rive, anche con idonei espropri, per intercettare i nutrienti percolati dalle aree agricole.
- Realizzazione, anche al di fuori dell'alveo di piena, di boschetti e cespuglieti, per una riqualificazione naturalistica e paesaggistica del corso d'acqua, con contemporaneo effetto di ricostruzione di elementi della rete ecologica
- Pianificazione degli interventi di manutenzione non considerando, ove possibile, la vegetazione igrofila un ostacolo al rapido deflusso delle acque, bensì una risorsa non solo naturalistica, ma anche di interesse idraulico per la protezione flessibile dall'erosione (DPR 14 aprile 1993).
- In TAB.15.1 vengono riportati, a titolo di esempio, i benefici in termini di biodiversità derivanti da una gestione dei corsi d’acqua con l’approccio progettuale dell’ingegneria naturalistica.

Tab.15.1 - Ricadute ecologiche degli interventi idraulico-naturalistici

TIPO INTERVENTI	AZIONI	BENEFICI ECOLOGICI IN TERMINI DI BIODIVERSITA' E NUOVE UNITA' ECOSISTEMICHE
MODIFICHE MORFOLOGICHE IN ALVEO	Demolizione tratti cementificati	Rivitalizzazione alveo con potenzialità per corridoi ecologici ed habitat acquatici e terrestri
	Realizzazione sinuosità con meandri	Habitat per macrobenthos, ittiofauna avifauna e fitocenosi igrofile
	Realizzazione isole	Stadi di vegetazione igrofila e terrestre, avifauna
	Allargamento sezione con realizzazione di golene e tratti a minor battente idrico	Popolamenti elofitici, habitat per anfibi ed avifauna
	Realizzazione alveo di magra per il deflusso minimo	Ittiofauna e macrobenthos
	Realizzazione sezioni asimmetriche	Stadi di vegetazione igrofila e terrestre, popolamenti elofitici, habitat per anfibi ed avifauna
	Realizzazione aree di espansione	Stadi di vegetazione igrofila, popolamenti elofitici, habitat per anfibi ed avifauna
	Realizzazione sponde a varie pendenze	Stadi di vegetazione igrofila e terrestre
	Realizzazione sponde ripide	Habitat per avifauna
	Realizzazione di rampe di risalita in pietrame o soglie basse in legname e pietrame	Continuità biologica per ittiofauna
MODIFICHE MORFOLOGICHE FUORI ALVEO	Realizzazione aree di espansione o laminazione	Stepping stones, stadi di vegetazione igrofila e terrestre, popolamenti elofitici, habitat per ittiofauna, anfibi ed avifauna
	Realizzazione piccole aree umide	Stepping stones, stadi di vegetazione igrofila e terrestre, popolamenti elofitici, habitat per ittiofauna, anfibi ed avifauna
	Realizzazione di ecosistemi filtro per la fitodepurazione	Stepping stones, stadi di vegetazione igrofila e terrestre, popolamenti elofitici, habitat per ittiofauna, anfibi ed avifauna
TECNICHE ANTIEROSIVE E DI CONSOLIDAMENTO DELLE SPONDE	Impiego di tecniche di ingegneria naturalistica	Corridoi ecologici, boscaglia ripariale igrofila, cespuglieti igrofili, cespuglieti termomesofili, prati umidi Habitat per avifauna e micromammiferi
RIQUALIFICAZIONE AMBIENTE FLUVIALE FUORI ALVEO	Realizzazione di fasce boscate sul ciglio delle sponde anche con espropri	Corridoi ecologici, boscaglia ripariale igrofila, cespuglieti igrofili, cespuglieti termomesofili, prati umidi Habitat per avifauna e micromammiferi

Scelta delle tipologie di intervento e limiti biotecnici di impiego

Le sistemazioni idrauliche pongono alcuni problemi classici di potenziale interferenza tra la presenza di vegetazione sulle sponde ed il deflusso delle acque.

Tenere conto dei fattori biotici complica ulteriormente le già complesse interpretazioni del fenomeno idraulico localizzato, notoriamente collegato con i dinamismi a monte e a valle del corso d'acqua stesso. Da una parte la vegetazione migliora i parametri geomeccanici delle sponde nei confronti delle sollecitazioni idrauliche; dall'altra la vegetazione stessa riduce la sezione di deflusso con possibile interferenza negativa, specie nelle sezioni medio-piccole, per l'aumento del coefficiente di scabrezza.

Solo adottando una strategia di ampliamento delle sezioni e di riappropriazione degli spazi golenali, sottratti dall'agricoltura intensiva e dalla realizzazione di infrastrutture, si potrà intervenire efficacemente con tecniche di sistemazione naturalistica.

Va detto comunque che esistono dei limiti tecnici di impiego dell'Ingegneria Naturalistica e che la scelta e la collocazione degli interventi è funzione di vari parametri tra cui i principali sono: la velocità di deflusso (correlata con la pendenza del fondo) e il diametro del trasporto solido.

In Tab. 15.2 viene formulata una proposta esemplificativa (quindi non direttamente esportabile al caso di qualunque corso d'acqua) per la scelta delle tipologie di intervento con tecniche di I. N. basata appunto semplicemente su valori indicativi di velocità della corrente e sul diametro del trasporto solido (per approfondimenti si rimanda alla parte in cui si tratta la stabilità degli alvei dove si osserva che portata, diametro dei sedimenti e pendenza dell'alveo sono legati fra loro nelle varie condizioni di capacità/trasporto solido).

Si può osservare che, ad esempio, al di sopra di una certa velocità (6m/sec) e diametro del trasporto solido (>20 cm) in zone montane sono possibili interventi solo con opere rigide o con massi (in certi casi con gabbionate). Sono invece sempre validi gli interventi di stabilizzazione dei versanti franosi in quanto l'applicazione sistematica su vasta scala di opere vive stabilizzanti (gradonate vive, fascinate vive, etc,) o di opere combinate (palificate, grate vive, etc.) produce benefici effetti a valle, diminuendo i tempi di corrivazione (cfr. Kauch, 1998 da adattare a schemi di trasformazione afflussi-deflussi e trasformazione della piena di cui in precedenza) ed il trasporto solido.

Con la diminuzione dei due parametri velocità e trasporto, aumenta progressivamente la gamma delle tecniche naturalistiche che sono comunque adottate solo nelle zone in erosione con problemi di rischio idraulico. Vale inoltre il principio della tecnica a minor impegno tecnico e pari risultato (Tab. 15.2) In ogni caso l'abbinamento con le piante vive, con prevalente uso di salici pionieri va considerato il miglior mezzo per l'innesco di ecosistemi, in linea con le finalità dell'Ingegneria Naturalistica.

Tab.15.2 - **INDICAZIONI DI MASSIMA PER LE SCELTE TIPOLOGICHE DEGLI INTERVENTI DI INGEGNERIA NATURALISTICA NELLE SISTEMAZIONI IDRAULICHE**

DA : Chieu - Sauli "Piano stralcio per il bacino del F. Toce 1993 (modificato)

				TIPOLOGIA INTERVENTI			
VELOCITA' DI CORRENTE	**DIAMETRO MEDIO TRASPORTO SOLIDO**	**NATURA DEL FONDO**	**STABILIZZAZIONE VERSANTI**	**RIVESTIMENTO/ CONSOLIDAMENTO SPONDE**	**MODIFICHE MORFOLOGIA CORSO D'ACQUA**	**RINATURAZIONE RICOSTRUZIONE BIOTOPI UMIDI**	**PROVVEDIMENTI USO FAUNISTICO**
> 6 m/s	**tutti i diametri**	**ghiaia, ciottoli, massi**	-SEMINE, SEMINE POTENZIATE -MESSA A DIMORA DI TALEE -MESSA A DIMORA DI ARBUSTI -STUOIE SU VERSANTE -GEOCELLE A NIDO D'APE -RIVESTIMENTI IN RETE MET. E STUOIE -VIMINATA -FASCINATA -GRADONATA -CORDONATA -PALIZZATA -CUNEO FILTRANTE -GRATA VIVA SU SCARPATA -PALIFICATA VIVA -GABBIONATA -MATERASSO VERDE -MURO CELLULARE RINVERDITO	**OPERE RIGIDE IN CLS GABBIONATA SPONDALE RINVERDITA / MURO A SECCO RINVERDITO / MURO CELLULARE RINVERDITO / BLOCCHI INCATENATI**	***	***	**RAMPA A BLOCCHI**
3 fino 6 m/s	**> 20 cm**	**ghiaia e ciottoli**		**OPERE RIGIDE IN CLS GABBIONATA SPONDALE RINVERDITA / MURO A SECCO RINVERDITO / MURO CELLULARE RINVERDITO / BLOCCHI INCATENATI / RAMPA A BLOCCHI**	**AMPLIAMENTO SEZIONE / CASSE DI ESPANSIONE**	***	**RAMPA A BLOCCHI**
	5 fino 20 cm	**ghiaia (ciottoli)**		**PALIFICATE VIVE SPONDALI / PENNELLO VIVO / GABBIONATA SPONDALE / MATERASSO RINVERDITO / MURO CELLULARE RINVERDITO / BLOCCHI INCATENATI**	**AMPLIAMENTO SEZIONE / CASSE DI ESPANSIONE**	**PARZIALE**	**RAMPA A BLOCCHI / SCALE RISALITA**
< 3 m/s	**1 fino 5 cm**	**sabbia, ghiaia**	***	SEMINE, IDROSEMINE, SEMINE A SPESSORE / BIOSTUOIE, BIOFELTRI / GEOSTUOIE TRID. SINTETICHE / GEOSTUOIE TRID. SINT. BITUMATE / GEOCOMPOSITO IN RETE MET. E GEOSTUOIA TRID. / MESSA A DIMORA DI TALEE LEGNOSE / PIANTAGIONE DI ARBUSTI / TRAPIANTO DI CESPI E RIZOMI / COPERTURA DIFFUSA CON RAMAGLIA VIVA / VIMINATA VIVA / FASCINATA VIVA/ GRADONATA VIVA / GRATICCIATA DI RAMAGLIA / RIBALTA VIVA / GRATA VIVA / PALIFICATE VIVE / PENNELLO VIVO / TRAVERSA VIVA / RULLI SPONDALI / GABBIONATA RINVERDITA / MATERASSO RINVERDITO / TERRE RINFORZATE VERDI / MURO A SECCO RINVERDITO / MURO CELLULARE RINVERDITO / RAMPA A BLOCCHI / BLOCCHI INCATENATI	**AMPLIAMENTO SEZIONE / CASSE DI ESPANSIONE / RECUPERO VECCHI MEANDRI**	**BUONA**	**RAMPA A BLOCCHI / SCALE RISALITA**
	< 1 cm	**limo, sabbia**	***		**AMPLIAMENTO SEZIONE / CASSE DI ESPANSIONE / RECUPERO VECCHI MEANDRI / IMPALUDAMENTI AREE FOCE**	**OTTIMALE**	

VALUTAZIONE DELLA SCABREZZA IN PRESENZA DI VEGETAZIONE

Come già introdotto in precedenza, il problema pratico principale che si presenta nella valutazione della resistenza al moto in presenza di vegetazione è quello di calcolarne l'effetto in una sezione di deflusso a geometria *composita* ed avente contorno costituito da materiali a *scabrezza diversa*.

Nelle Tabb. 15.3 (a) e (b) seguente si riportano alcuni valori del coefficiente di scabrezza tabellati ricavati da vari manuali di idraulica, da cui si può osservare la variabilità nei vari tipi di alveo.

Tab. 15.3 (a) – Coefficiente di scabrezza ks per la formula di Gauckler-Strickler o Manning (ks = 1/n) per i canali

Tipo di alveo	**Coefficiente di Strickler ks [$m^{1/3}$ s^{-1}]**
Canali	
Pareti di cemento perfettamente lisciato, di legno piallato, di metallo senza risalti nei giunti.	100÷85
Pareti di cemento non perfettamente lisciato; muratura di mattoni molto regolare; metallo con chiodatura.	85÷75
Pareti di cemento in non perfette condizioni; muratura ordinaria più o meno accurata; pareti di legno grezzo, eventualmente con fessure.	70÷65
Pareti di cemento solo in parte intonacate; qualche deposito sul fondo; muratura irregolare o di pietrame; terra regolarissima senza vegetazione.	62÷50
Terra abbastanza regolare; muratura vecchia, in condizioni non buone, con depositi di limo sul fondo.	50
Terra pulita, dopo prolungata esposizione.	45 (56÷40)
Terra con erba sul fondo.	40
Ghiaia, sezione uniforme, pulita	40 (45÷33)
Erba corta, pochi cespugli.	37 (45÷30)
Canali scavati o dragati senza vegetazione	36 (40÷30)
Terra in cattive condizioni.	35
Fondo in terra e sponde in pietrisco.	33 (36÷29)
Canali in abbandono con grande vegetazione.	30
Fondo in pietrame e sponde in cespugli.	29 (40÷25)
Canali in roccia	29 (40÷20)
Cespugli o piante acquatiche in canali profondi.	29 (33÷25)
Fondo in ciottoli e sponde pulite.	25 (33÷20)
Canali scavati o dragati con cespugli sparsi sulle sponde	20 (29÷17)
Canali senza manutenzione, con fondo pulito e cespugli sulle sponde	20 (25÷12)
Canali senza manutenzione, con sterpaglia densa e alta quanto il tirante idrico.	20 (12÷8)
Canali senza manutenzione, con sterpaglia e cespugli densi e acque profonde.	10 (12÷7)

Tab. 15.3 (b) – Coefficiente di scabrezza ks per la formula di Gauckler-Strickler o Manning (ks = 1/n) per i corsi d'acqua naturali

Tipo di alveo	**Coefficiente di Strickler ks [$m^{1/3}$ s^{-1}]**
Corsi d'acqua naturali (tirante idrico < 3.5m)	
Corsi d'acqua con ciottoli e ghiaia.	35
Corsi d'acqua di pianura puliti, rettilinei, in piena senza scavi localizzati.	33 (40÷30)
Corsi d'acqua con alveo mobile o in roccia con sporgenze.	30
Corsi d'acqua di pianura puliti, rettilinei, con sassi e sterpaglia.	29 (33÷25)
Corsi d'acqua montani, senza vegetazione in alveo, sponde ripide, alberi e cespugli lungo le sponde sommergibili durante le piene con fondo in ghiaia, ciottoli e massi sparsi.	25 (33÷20)
Corsi d'acqua di pianura puliti, ondulati con buche e banchi	25 (30÷22)
Corsi d'acqua di pianura puliti, ondulati con buche, banchi, cespugli e pietre.	21 (29÷17)
Corsi d'acqua montani, senza vegetazione in alveo, sponde ripide, alberi e cespugli lungo le sponde sommergibili durante le piene con fondo in ciottoli e massi grossi.	20 (25÷14)
Torrenti di montagna con letto irregolare e con grossi massi.	17÷12
Corsi d'acqua di pianura in tratti lenti, con sterpaglia e buche profonde.	14 (20÷12)
Corsi d'acqua di pianura in tratti molto erbosi, con grossi arbusti, cespugli e buche profonde.	10 (13÷7)

Non di rado infatti negli alvei dei corsi d'acqua sono presenti situazioni di scabrezza fortemente *eterogenee*, caratterizzate dalla presenza di associazioni vegetali arbustive o arboree riparie, naturali o piantate, e di materiale ghiaioso nella zona centrale di alveo.

I metodi proposti in letteratura per il calcolo della scabrezza equivalente dell'intera sezione si riconducono sostanzialmente alla valutazione del coefficiente di scabrezza tramite una suddivisione della sezione trasversale in subaree e ad un'operazione di media pesata, con opportune potenze del perimetro bagnato, delle scabrezze caratteristiche di ciascuna subarea (per una trattazione classica con le formulazioni relative si rimanda, ad es., a Chow, 1959 oppure, per una più recente, ad Armanini, 1999).

Tali metodi si differenziano tra loro per i valori dell'esponente con cui pesare, nell'operazione di media, il coefficiente di scabrezza di ciascuna subarea; i valori dichiarati dai vari autori dipendono dalla legge di resistenza al moto considerata e dal criterio utilizzato nella procedura di suddivisione in subaree.

Una esauriente rassegna dei metodi è esposta, ad esempio, in Chow (1959) e nel Manuale dell'U.S. Army Corp of Engineers (1991):

1. Approccio visivo ("Roughness Characteristics of Natural Channels")
2. Media pesata di valori tabellari (Cowan)
3. Separazione fra scabrezza dell'alveo e delle sponde (Kouwen e Li)
4. Formule empiriche (Temple)
5. Metodo di Petryk e Bosmanjian (1975).

La possibilità di tener conto della variazione della resistenza al moto è già presente in HEC-2 e Jaggi (1995) propone anche un diverso criterio di suddivisione delle aree caratterizzate dai diversi valori della scabrezza.

Tra i metodi più noti e diffusamente applicati sono il metodo di Einstein-Horton ed il già citato metodo di Lotter (Chow, 1959).

Il primo si basa sulle ipotesi di suddivisione della sezione idrica in subaree compatte a medesima velocità media, attraverso le cui superfici di separazione non si esplicano sforzi tangenziali; tali ipotesi sono tuttavia confutate da numerosi dati sperimentali. Si citano a titolo di esempio i dati di Bertram (1985), riguardanti la distribuzione delle linee isotachie in una sezione trasversale di un canale a sezione trapezia, con vegetazione arborea spondale; essi evidenziano una forte disomogeneità della distribuzione di velocità tra zone riparie e alveo centrale, incompatibile con le succitate ipotesi.

Il metodo di Lotter consiste nella suddivisione della sezione trasversale in N subaree, secondo ideali linee di separazione verticali, attraverso le quali non si esplicano sforzi di attrito e dove, per ogni subarea, si considera uno specifico coefficiente di scabrezza *n*.

Il coefficiente di Manning dell'intera sezione, n_c, può essere valutato secondo la formula di Lotter che assume la portata totale pari alla somma delle portate nelle subsezioni:

$$n_c = \frac{PR^{5/3}}{\sum_{i=1}^{N} \frac{P_i R_i^{5/3}}{n_i}}$$

con P = perimetro bagnato dell'intera sezione [m].

Le misure condotte da Tsujimoto (1996) sulla distribuzione degli sforzi tangenziali trasversali in alvei parzialmente vegetati, evidenziano invece che l'effetto di resistenza offerto dalle zone laterali alla vena centrale non è trascurabile e che il suo massimo si esplica in una zona molto prossima all'ideale linea verticale di separazione tra zona vegetata ed alveo centrale.

Sviluppando il metodo di Petryk e Bosmanjian (1975), Armanini et. al. (Armanini, 1999) propongono un criterio alternativo, per il quale, nella suddivisione della sezione trasversale in subaree, l'effetto di resistenza al moto esercitato dalla porzione laterale, vegetata, sulla zona centrale, viene quantificato come una frazione non trascurabile (pari a circa 1/3) del coefficiente di scabrezza caratteristico della vegetazione

PARAMETRI IDROLOGICI DA CONSIDERARE NEL CALCOLO DELLE OPERE DI I.N.

Ai fini della progettazione delle opere idrauliche risulta essenziale la stima di alcuni parametri idrologico-idraulici risultanti dal relativo studio ed, in particolare:

Da un punto di vista idrologico è opportuno osservare che avendo a disposizione serie storiche di misure di portate alla sezione idrica di interesse (da misure dirette o riscostruite) è possibile determinare una *curva di durata delle portate giornaliere* (andamento delle portate che sono superate per una durata in giorni in funzione della durata stessa) e una *curva di crescita delle portate massime annuali* (andamento delle portate al colmo massime annuali in funzione del tempo di ritorno Tr).

Ai diversi valori di portata può essere associato un livello idrico corrispondente nella sezione idrica di interesse tramite la cosiddetta *scala di deflusso.*

In particolare risultano di interesse le seguenti grandezze:

- una portata di piena detta "medio annuale" da cui si ricava un corrispondente livello di piena "medio annuale", al di sopra del quale è possibile l'utilizzo di tecniche di ingegneria naturalistica con le piante vive che, anche in assenza di forti energie idrauliche, morirebbero per asfissia a causa della sommersione prolungata. Tale livello, oltre che da analisi di tipo idraulico che considerino incompatibile con la sopravvivenza delle piante periodi di sommersione superiori a 7÷10 giorni consecutivi, possono essere ricavati da analisi di campagna sul *pattern* spaziale della vegetazione igrofila arbustiva presente in alveo; si tratta in tal caso di considerare nelle sezioni significative nei vari tratti di progetto, articolando quindi, se del caso, le analisi nella parte alta, media ed inferiore del bacino, le specie arbustive igrofile come indicatore ecologico del livello di piena medio annuale. Tali specie infatti occupano uno spazio ecologico nella sezione dell'alveo subito al disopra di tale livello, in quanto non tollerano periodi di sommersione superiori a circa 7÷10 giorni, ma resistono alle sommersioni delle piene straordinarie che sono di breve durata. La loro presenza, quindi, in un punto della sezione idraulica indica che lì hanno avuto il tempo di crescere senza troppo disturbo da parte delle piene e che sopra quel livello si può intervenire con le opere vive.

- **le portate di piena di riferimento per le opere di sistemazione idraulica da cui derivano le forze agenti sulle strutture**. I valori individuati nei Piani delle maggiori AdB presenti nel territorio laziale, Tevere e Liri Garigliano, fanno riferimento rispettivamente a tempi di ritorno di 200 e 100 anni nelle aree a rischio ex DL 180/98., l'Autorità di Bacino del Liri Garigliano ammette però ad esempio *per le opere che con la loro insufficienza possano produrre solo contenuti danni materiali* un tempo di ritorno ridotto fino a 20 anni, mentre l'Autorità di Bacino del Tevere per le bonifiche consiglia dei tempi di ritorno di 15-25 anni.

Ad esempio, considerando la sezione del Fiume Greve in corrispondenza della stazione idrometrica di Falciani si riscontrano i seguenti valori di portata e livello idrico (Tab. 15.4).

Tab. 15.4 Portate e livelli idrici del Fiume Greve a Falciani

Durata	Tr	qg	Qc	hg	hc
[giorni]	[anni]	[mc/s]	[mc/s]	[m s.l.m]	[m s.l.m]
355		0.02		95.51	
274		0.19		95.55	
182		0.52		95.60	
91		1.48		95.69	
10		9.79	24.48	96.18	96.75
	2	26.2	65.5	96.81	97.91
	30	61.6	154.0		99.75
	100	81.2	203.0		100.61
	200	103.6	259.0		101.51
	500	131.6	329.0		102.55

Si osserva che le portate giornaliere corrispondono ad una portata al colmo massima maggiore di circa 2.5 volte (coefficiente analogo si riscontra anche in altri corsi d'acqua). Quindi, ad esempio, ad una portata giornaliera con durata 10 giorni corrisponde una portata al colmo circa uguale ad una portata giornaliera con tempo di ritorno circa biennale. Invece una portata al colmo biennale (pari alla media dei massimi annuali di portata al colmo) può essere maggiore di circa 6 volte di quella giornaliera con durata 10 giorni.

Una portata di "minima" o "magra" è data da quella superata dalle portate giornaliere per più di 355 giorni (detta anche "portata minima continua").

I livelli idrici possono essere osservati nella Fig.. 15.1 che segue.

Il livello corrispondente alla portata massima al colmo Q2 transiterebbe a piene rive nell'alveo inciso con un rapporto b/h pari a circa 4, quindi con rischi elevati di riduzione della capacità di smaltimento nel caso di aumenti di scabrezza o ingombri dovuti, per esempio, alla presenza di vegetazione sulle sponde.

Il livello corrispondente alla portata di piena "medio annuale" (giornaliera con durata 7-10 giorni nell'ipotesi che si mantenga consecutivamente) si trova al di sotto di hc2 e al di sopra di hg355.

La Qc30, Qc100 e Qc200 esondano con i livelli chevariano rispettivamente in maniera meno accentuata rispetto alle portate ed, inoltre, risultando il rapporto b/h pari a circa 8, si avrebbero meno rischi di sovralzi in presenza di vegetazione (aree golenali). Chiaramente ciò non sarebbe così se l'alveo fosse sprovvisto di golene e arginato in corrispondenza dell'alveo inciso.

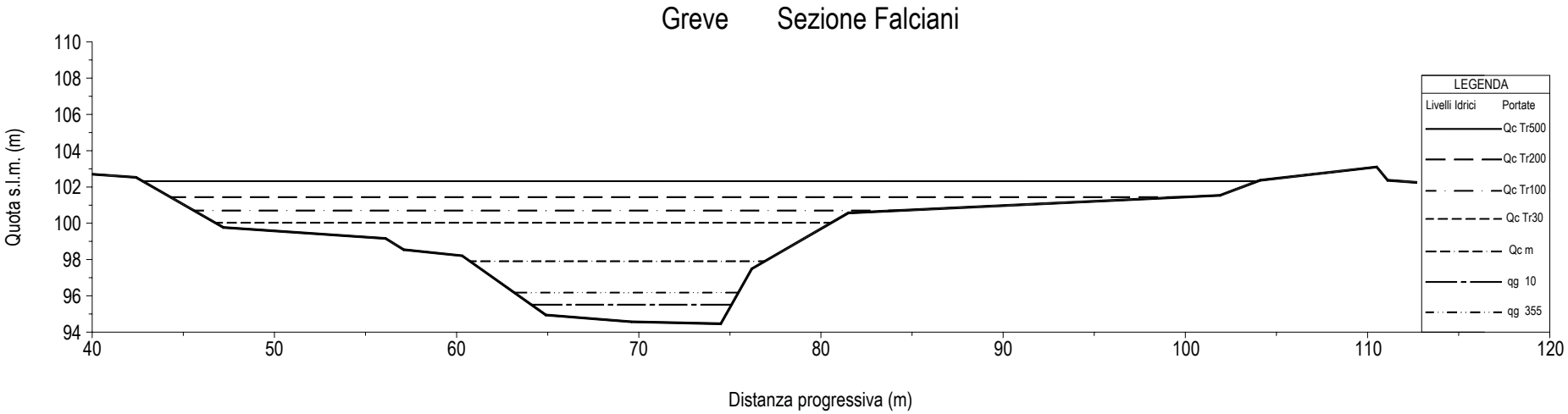


Fig. 15.1 - Schema dei livelli idrici di riferimento per la progettazione di opere di I.N. in alveo (ivelli idrici corrispondenti a diversi valori di portata calcolati per la sezione di Falciani del fiume Greve).

Osservando lo schema in Fig. 15.1 si può osservare quanto segue:

- al di sotto della qg355 avremmo presenza di acqua praticamente tutto l'anno (tranne 10 giorni), in corrispondenza del piede della sponda, da proteggere, in caso di necessità con materiali inerti robustamente vincolati;
- le opere di I.N. possono essere realizzate comunque al di sopra del livello qg10 che verrebbe superato solo per una decina di giorni l'anno, per cercare di evitare che si verifichi la sommersione consecutiva per più di una settimana;
- se l'opera viene realizzata sulle sponde dell'alveo inciso potrà essere sommersa quasi tutti gli anni (mediamente ogni 1.33 anni si ha la cosiddetta portata "ordinaria" – Circolare n. 780/1907 del Ministero LL.PP. "Sulla delimitazione dell'alveo dei corsi d'acqua e sulle piantagioni nelle alluvioni" - oppure ogni 2 anni la portata biennale o "modellante");
- come già osservato, al di sotto del livello idrico trentennale (Qc30), secondo il D.P.R. 14 aprile 1993, sarebbero da rimuovere dalle sponde e dagli alvei attivi le alberature che sono causa di ostacolo al regolare deflusso …, tenuto conto della loro influenza sul regolare deflusso delle acque, nonché quelle pregiudizievoli per la difesa e conservazione delle sponde, salvaguardando, ove possibile, la conservazione dei consorzi vegetali che colonizzano in modo permanente gli habitat riparii e le zone di deposito alluvionale adiacenti, prevedendo al tempo stesso la rinaturazione delle sponde, intesa come protezione al piede delle sponde dissestate od in frana con strutture flessibili spontaneamente rinaturtabili; il restauro dell'ecosistema ripariale, compresa l'eventuale piantagione di essenze autoctone";
- la resistenza al trascinamento delle opere sulle sponde e al piede delle stesse deve essere valutata sulla base delle portate con frequenza anche minore (per es. tempi di ritorno da 30 a 500 anni che allagano anche le aree golenali).

In funzione della portata di piena, della geometria dell'alveo e del tracciato longitudinale del corso d'acqua, si possono ricavare le massime tensioni agenti sulle strutture di progetto.

I calcoli delle tensioni tangenziali massime agenti sulle opere possono essere effettuati secondo il metodo delle tensioni di trascinamento partendo dalla formula $\tau w = \gamma Ri$ ove:

γ = peso specifico dell'acqua
R = raggio idraulico
i = pendenza dell'alveo

o, per sezioni con un rapporto tra larghezza e la profondità superiore a 30:
$\tau w = \gamma h i$

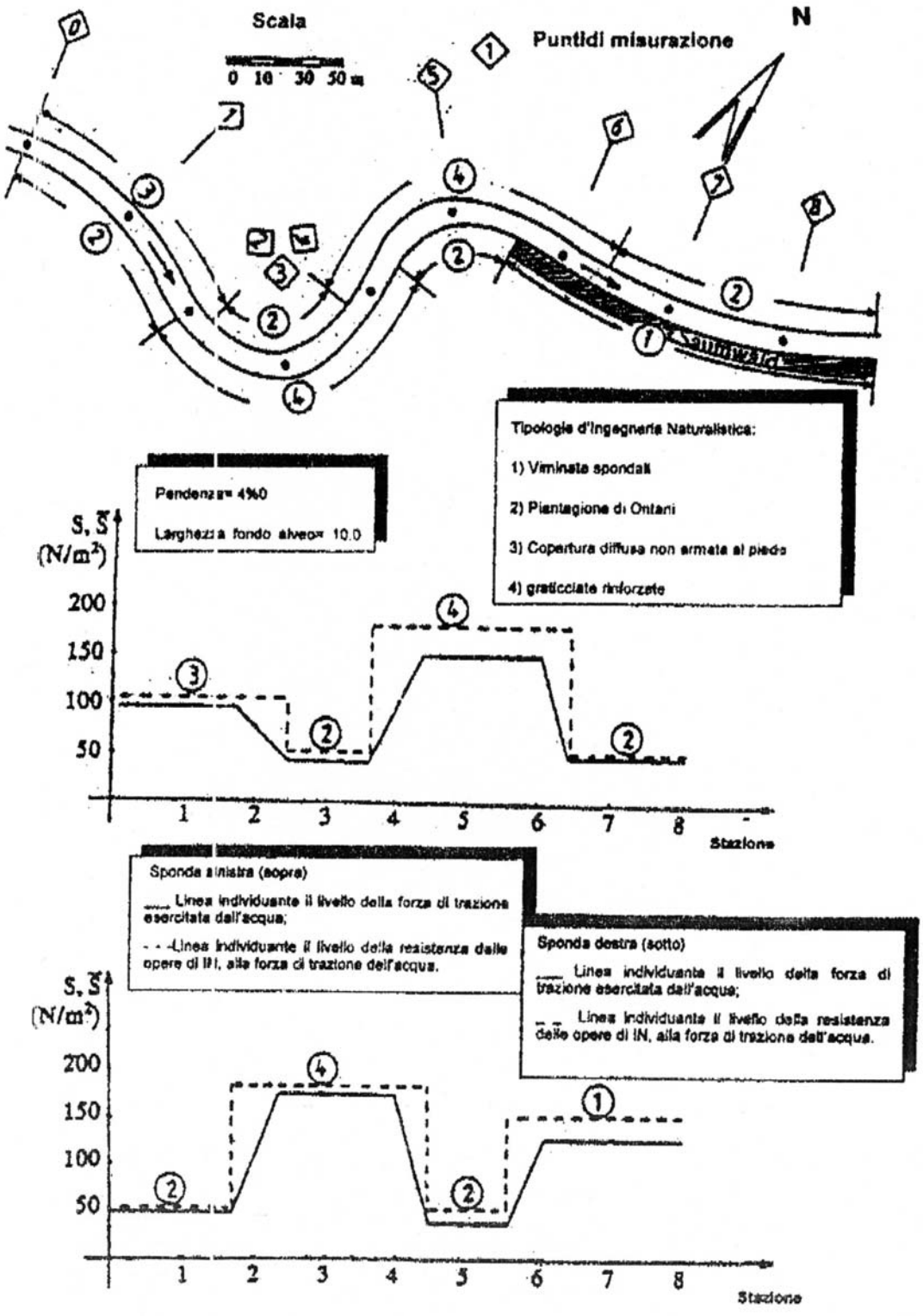
con h altezza del pelo libero, tenendo ovviamente conto dei coefficienti correttivi per l'aumento delle tensioni tangenziali nei tratti di asta in curva.

Tali valori vanno confrontati nei vari tratti dell'alveo con le massime tensioni tangenziali resistenti ammissibili per le strutture di progetto, verificando sempre che sia

$\tau r > \tau w$

Si riporta in proposito lo schema grafico:

Fig. 15.2 - Diagramma mostrante la forza di trazione esercitata dall'acqua sulle diverse sponde del corso d'acqua (Johannsen modificato, IRRES - Istituto regionale di ricerche economiche e sociali - Terni- Manuale di Ingegneria Naturalistica - Bozza Capitoli 1-5)



Nella progettazione con le opere vive vanno tenute in conto due situazioni:

- la resistenza dell'opera di ingegneria naturalistica a fine lavori con le piante non sviluppate e quindi non in grado di fornire il contributo della parte viva alla resistenza della struttura; tale situazione d'altronde nella verifica della q transitabile nella sezione è quella più favorevole ai fini della scabrezza.
- la resistenza dell'opera di ingegneria naturalistica dopo 2 anni con le piante sviluppate nelle radici e nella parte aerea , in grado di fornire il contributo della parte viva alla resistenza della struttura; tale situazione nella verifica della portata transitabile nella sezione è quella più sfavorevole per l'aumento della scabrezza indotto dalla presenza delle piante.

Per quanto riguarda i valori della massima resistenza al trascinamento τ r delle opere di ingegneria naturalistica si riportano i valori di Tab. 15.5, ricavati da dati bibliografici e sperimentazioni che, nel caso del Rio Inferno (I) rappresentano i massimi valori relativi sopportati in occasione di certi eventi verificatisi e non i massimi assoluti sopportabili.

Tab. 15.5 - Resistenza all'erosione delle opere di ingegneria naturalistica

Tipologia intervento	**τ max sopportabili dalla struttura appena realizzata senza lo sviluppo delle piante vive N/m^2**		**τ max sopportabili dalla struttura con le piante vive sviluppate dopo 1 - 1,5 anni (1 per Rio Inferno) N/m^2**	
Cotico erboso	20 P		25 P	40 G
			30 M	
Talee	10 M	10 P	150 I	60 M
			100 G	60 P
Copertura diffusa	50 M	150 P	300 M	300 F
			300 P	
Viminate	10 M	10 P	10 P	50 M
Pali con fascine			250 F	
Gradonata viva	20 P		120 F	120 P
Ribalta viva	20 M	20 P	100 M	120 G
			150 F	80 P
File di ceppaie			80 F	
Fascinate vive	20 P	70 G (morta)	80 I	100 G
			200 F	60 P
Scogliera rinverdita con talee di salice	100 P		300 M	300 P
Palificata doppia	500 P		600 P	150 I
Gabbionate vive	340 M		400 M	
Materassi Reno rinverditi	200-320 M		400 M	

Sigle:

(F) *Florineth Acer 4, 1999*
(M) *Maccaferri - Programma Macra 1996*
(P) *Palmeri, Calò – 1996*
(G) *Gertsgraser - Convegno EFIB Trieste 1999*
(I) *Cornelini , Crivelli, Palmeri, Sauli - Acer 2, 2001*

DIFESE DI SPONDA E SISTEMAZIONI D'ALVEO

Gli interventi su un corso d'acqua possono essere suddivisi sinteticamente in interventi di *regimazione* ed interventi di *sistemazione*. I primi tendono a modificare il regime delle portate del corso d'acqua e comprendono le arginature, le dighe, le casse di espansione, i diversivi e gli scolmatori. I secondi tendono invece a modificare e/o a consolidare l'alveo per il raggiungimento di uno stabile assetto plano-altimetrico mediante le opere difesa delle sponde e di stabilizzazione dell'alveo, la risagomatura delle sezioni, la riprofilatura del tracciato planimetrico.

Le opere di difesa di sponda si suddividono in opere di difesa longitudinali (o radenti), disposte nella direzione della corrente con trascurabile interferenza sulle condizioni del deflusso, e opere di difesa trasversali (o repellenti) che viceversa possono modificare sostanzialmente le condizioni del deflusso.

Le considerazioni che seguono saranno limitate agli interventi di stabilizzazione delle sponde di tipo longitudinale (Regione Toscana, 2000).

Da un punto di vista strutturale tali opere sono raggruppabili in cinque categorie: rigide, semirigide, flessibili, in materiale sciolto e di I.N.

Le strutture rigide comprendono le murature di pietrame con malta o in calcestruzzo, impiegate come muri di contenimento e/o di rivestimento spondale. Tali strutture, pur essendo molto resistenti alle sollecitazioni idrodinamiche, hanno lo svantaggio di essere sensibili ai cedimenti e agli assestamenti indotti dalla dinamica dell'alveo e del terreno (erosioni, movimenti franosi), e di offrire scarsa permeabilità agli scambi idrici falda-fiume. Le strutture semirigide e flessibili non presentano tali svantaggi. Le prime fanno uso di elementi rigidi ai quali viene conferito un certo grado di deformabilità mediante connessioni di vario tipo, quali giunti, perni o funi metalliche. Le seconde comprendono le strutture a gabbioni, i materassi, i buzzoni, le fascinate. Le opere in materiale sciolto sono realizzate mediante massi naturali o artificiali di adeguate dimensioni disposti alla rinfusa oppure sistemati. Tali opere presentano una completa adattabilità alle deformazioni del terreno ma possono presentare inconvenienti legati all'instabilità degli elementi.

I criteri di progettazione delle opere in strutture rigide e semirigide seguono le usuali procedure di calcolo assumendo in generale lo schema di muro a gravità. Lo stesso dicasi per le strutture a gabbioni quando funzionano come opere di contenimento. Particolare attenzione dovrà essere posta nella determinazione della quota di fondazione, tenendo conto dei fenomeni di dinamica d'alveo.

La progettazione delle opere in materiale sciolto consiste nel corretto dimensionamento della pezzatura media dell'ammasso da posizionare sulla sponda in modo da garantirne la stabilità. In tal caso occorre mettere in conto, oltre agli effetti della gravità, le azioni idrodinamiche prodotte dalla corrente quali le azioni di trascinamento, i moti secondari, il moto ondoso. Considerando nel seguito la sola *azione di trascinamento*, espressa dalla tensione tangenziale τ, questa risulta diretta nel senso della corrente e di intensità variabile lungo il contorno bagnato. Non risultano disponibili schemi consolidati per la determinazione dei valori locali della tensione tangenziale; alcuni studi su sezioni regolari trapezie e rettangolari indicano che il valore massimo della tensione media sulla sponda è pari a circa il 75% del valore massimo al fondo (Lane, 1955).

Considerando i valori della tensione tangenziale ricavati dai risultati della teoria del regime per un alveo teoricamente in equilibrio in varie condizioni di portata e dimensione dei sedimenti, si osserva la notevole influenza della granulometria sui valori della tensione tangenziale: per alvei con sedimenti fini, tipicamente alvei di pianura, la coesistenza di basse pendenze e velocità, insieme a bassi valori del rapporto di forma b/h, appaiono limitare l'incremento della tensione al crescere della portata. Viceversa, per alvei in materiale grossolano, caratterizzati da pendenze e

velocità maggiori, l'azione tangenziale appare considerevolmente più elevata e crescente con il valore della portata dominante. In presenza di correnti supercritiche le tensioni tangenziali risulterebbero ancora maggiori di quelle in condizione di corrente lenta.

All'azione tangenziale indotta dalla corrente si contrappone la *resistenza al trascinamento* dell'opera di difesa, che può variare anche notevolmente in funzione della tipologia, dei criteri costruttivi, delle condizioni generali di stabilità delle sponde.

Le opere di IN, come noto, utilizzano materiale vegetale vivo (talee, arbusti, piante erbacee) in associazione a materiale morto (vegetale o artificiale) per ottenere strutture funzionali dal punto di vista idraulico e nei riguardi del ripristino, della valorizzazione e della conservazione ambientale.

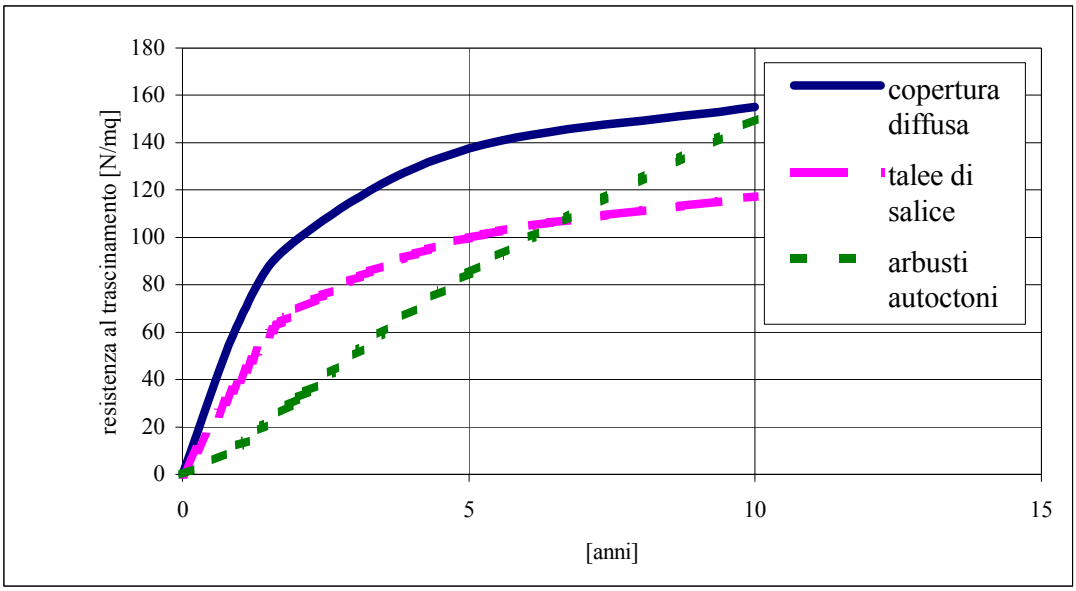


Fig. 15.3 - Variazione nel tempo della resistenza all'azione di trascinamento per vari tipi di copertura spondale (da Johannsen, modificato)

Per quanto riguarda gli interventi di IN nel grafico in Fig. 15.3 (da Johannsen, modificato) è riportato l'andamento nel tempo della tensione tangenziale sviluppabile da diversi tipi di rivestimento spondale: da notare che la resistenza asintotica delle varie tipologie di opere può raggiungere valori anche considerevoli, dell'ordine dei 200÷300 N/m^2, in tempi dell'ordine dei 2 anni dalla fine dei lavori. Durante tale periodo può rendersi necessario un intervento complementare (es. scogliera, materassi, graticciate) che garantisca la resistenza di sponda e lo stesso sviluppo della copertura.

A titolo di confronto, si consideri che per i materassi il campo delle tensioni oscilla tra 50 e 250 N/m^2, in funzione dello spessore di rivestimento adottato (tra 15 e 50 cm) oltre, ovviamente, alle caratteristiche di stabilità della sponda.

Per le opere in materiali sciolti, la tensione sviluppabile dipende essenzialmente dalla pezzatura del materiale, oltre che dall'angolo d'attrito e dall'inclinazione della sponda.

A titolo esemplificativo, utilizzando il criterio di Shields per le condizioni di stabilità del materiale, si perviene al calcolo della tensione massima sostenibile, τ_W, mediante l'espressione:

$$\tau_w = \frac{D(\gamma_s - \gamma)\cos\theta\sqrt{1 - tg\theta^2 \,/\, tg\varphi^2}}{25}$$

ove, oltre ai simboli già noti, θ rappresenta l'inclinazione della sponda rispetto all'orizzontale, e φ è l'angolo di attrito del materiale.

Altro fattore da considerare per certi tipi di copertura è la durata della sollecitazione idrodinamica. Il manto erboso, per esempio, non sembra essere in grado di resistere per tempi superiori a 10-15 ore con velocità media della corrente dell'ordine dei 3 m/s.

Dai dati disponibili si deduce che gli interventi di protezione spondale attuati con le tecniche dell'IN risultano applicabili in un ampio campo delle correnti lente, anche se ulteriori verifiche sperimentali sarebbero auspicabili soprattutto in relazione all'entità e al tempo di permanenza della sollecitazione idrodinamica.

Gli interventi di sistemazione dell'alveo tendono in generale a ridurre la capacità erosiva del corso d'acqua che, attraverso l'abbassamento del fondo, potrebbe indurre instabilità delle sponde, dei versanti, e delle strutture connesse (strade, ponti, argini).

Si intuisce che lo stesso processo erosivo fa parte del fenomeno di automodellamento che tenderebbe a portare il corso d'acqua verso una configurazione di equilibrio tra capacità di trasporto e materiale solido in arrivo dai tronchi di monte. Tuttavia tale processo può estendersi su periodi anche molto lunghi (diverse decine di anni). Una corretta sistemazione del corso d'acqua ha quindi lo scopo di accelerare tale dinamica evolutiva per il raggiungimento della condizione finale di equilibrio in tempi molto più brevi.

La sistemazione altimetrica del corso d'acqua si basa pertanto su:

- una corretta identificazione dell'attuale dinamica evolutiva del corso d'acqua;
- la valutazione della condizione di equilibrio alla quale tende il corso d'acqua;
- la progettazione di interventi finalizzati al raggiungimento della condizione di equilibrio;
- la verifica degli altri effetti indotti dagli interventi previsti.

NOTE CONCLUSIVE

Da quanto sopra occorre tener presente che gli interventi di difesa spondale e di sistemazione spondale possono indurre modifiche anche rilevanti sul preesistente assetto dei corsi d'acqua. La previsione e la quantificazione di tali effetti deve essere adeguatamente valutata nella fase progettuale dell'intervento, tenendo conto che la complessità dei fenomeni coinvolti e le loro mutue interazioni impongono spesso il ricorso ad approcci di tipo multidisciplinare finalizzati ad una corretta interpretazione della realtà fisica in esame.

La qualità dei risultati è comunque subordinata al livello di conoscenza dei parametri fisici di base, e quindi alla disponibilità di dati e di misure per il corso d'acqua considerato.

Di particolare importanza, soprattutto negli interventi di IN, appare la quantificazione delle sollecitazioni indotte dalla corrente da porre a confronto con la resistenza offerta dal tipo di tecnica prevista.

A titolo riepilogativo di quanto trattato in precedenza, si possono elencare i seguenti aspetti:

- Nel caso di alvei "stretti", appare importante l'approfondimento dell'analisi della resistenza al moto offerta dai vari tipi di sistemazione spondale in relazione agli effetti sulle condizioni del deflusso di piena.
- L'aumento della profondità del flusso può portare a valori e distribuzioni di velocità tali da estirpare la vegetazione, con rischio di erosione della sponda.

- La resistenza alla tensione tangenziale varia nelle varie fasi vegetative, in base alle particolari condizioni ecologiche da studiare caso per caso senza esportare dati ricavati in contesti differenti.
- La presenza di piante isolate costituisce un punto di discontinuità per il deflusso, dunque generalmente crea problemi di erosione dell'alveo piuttosto che costituirne una protezione.
- L'eventuale sradicamento e trascinamento delle piante può creare occlusioni o parzializzazioni della sezione idraulica, specie nei punti di discontinuità creati dalle opere idrauliche (particolare problema non ancora molto affrontato in letteratura)
- La vegetazione comporta un aumento del deposito (rallentamento della corrente e intrappolamento).
- Una indiscriminata e generalizzata azione volta ad aumentare la capacità di convogliamento dei corsi d'acqua porterebbe ad un accorciamento dei tempi di concentrazione delle piene con conseguenze ancor più gravi di quelle derivanti dalle esondazioni o erosioni localizzate (cfr. Kauch, 1998).
- Necessità, per valutare gli effetti e programmare gli interventi, di analisi conoscitiva, monitoraggio e modellistica idrologico-idraulica di dettaglio.

Si ringraziano per la collaborazione e la fornitura di documentazione:
C. Cantini, V. Civitarese, E. Paris, G. Pirrone, M.Rinaldi e Regione Toscana.

CAPITOLO 16

PROGETTAZIONE TIPO: SCHEDE CAMPIONE DI PROGETTI TIPO DI SISTEMAZIONE IDRAULICO-NATURALISTICA NELLE FASI PRELIMINARE, DEFINITIVA, ESECUTIVA

P. Cornelini G. Sauli,

Progetto preliminare

contiene informazioni generali:

- analisi del territorio (vincolistica, geologia, geoidrologia, vegetazione reale e potenziale, fauna),
- proposta di intervento,
- stima dei costi dell'intervento.

Sottoposto all'attenzione dell'Ente che:

- esprime il proprio parere;
- formula le eventuali richieste di modifiche.

PROGETTO PRELIMINARE

INDICE TIPO RELAZIONE

Relazione illustrativa

1. Premesse
2. Generalità sull'Ingegneria Naturalistica
3. Inquadramento ambientale
3.1 Dati climatici, Climogramma
3.2 Inquadramento idrologico e idraulico
3.3 Vincoli esistenti
3.4 La vegetazione naturale e potenziale
3.5 Note sulla fauna locale
5. Proposta di progetto

Preventivo sommario

Quadro economico

Documentazione fotografica

ELENCO TIPO ALLEGATI GRAFICI E CARTOGRAFICI

Cartografie area intervento	Scala 1 : 25.000 / 1 : 5.000
Transetti schematici degli interventi	
Planimetria degli interventi	Scala 1 : 2.500

Progetto definitivo

Costituito dalla maggior parte degli allegati necessari alla presentazione completa del progetto:

- analisi del territorio ex programma preliminare più cartografia di analisi (cartografia geoidrologica, cartografia vegetazione)
- planimetrie dello stato di fatto e di progetto
- sezioni dello stato di fatto e di progetto
- sezioni tipo / schemi tecnici degli interventi proposti
- relazione tecnica di progetto
- elenco prezzi e computo metrico estimativo

Presentato a tutti gli enti Provinciali o Regionali per la richiesta delle necessarie autorizzazioni.

Ogni ente è tenuto a esaminare il progetto e ad esprimere il proprio parere formulando osservazioni (per le eventuali modifiche nel progetto esecutivo)

ELENCO TIPO ALLEGATI

ALL.1	Relazione (recupero dati di analisi del progetto preliminare più cartografie tematiche - geoidrologiche, c. vegetazione (TAV.2), c. sensibilità vegetazionale (TAV.3), documentazione fotografica (TAVV.4, 5, 6)	
ALL.2	Relazione di progetto	
ALL. 3	Quadro economico definitivo	
ALL. 4	Indagini geognostiche	
ALL 5	Corografie	1:10.000 / 1:5000
ALL.6	Planimetria catastale	1:2000
ALL.7	Rilievo topografico	1:500
ALL.8	Profilo	1:500/100
ALL.9	Sezioni trasversali	1:500
ALL.10	Rilievo vegetazionale (TAVV. 10, 11)	1:500
ALL.11	Planimetrie di progetto delle opere di ingegneria naturalistica (TAVV.18, 19)	1:500
ALL.12	Sezione di progetto delle opere di ingegneria naturalistica (TAVV.13, 14, 15)	1:100
ALL.13	Particolari costruttivi	1:100/50
ALL.14	Quaderno sezioni tipo (TAVV. 12, 17)	Scale varie
ALL.15	Elenco prezzi	
ALL.16	Computo metrico estimativo	
ALL. 17	Piano particellare d'esproprio ed elenco ditte	

Progetto esecutivo

Contiene tutte le informazioni necessarie all'appalto e alla corretta esecuzione delle opere.
Costituito da:

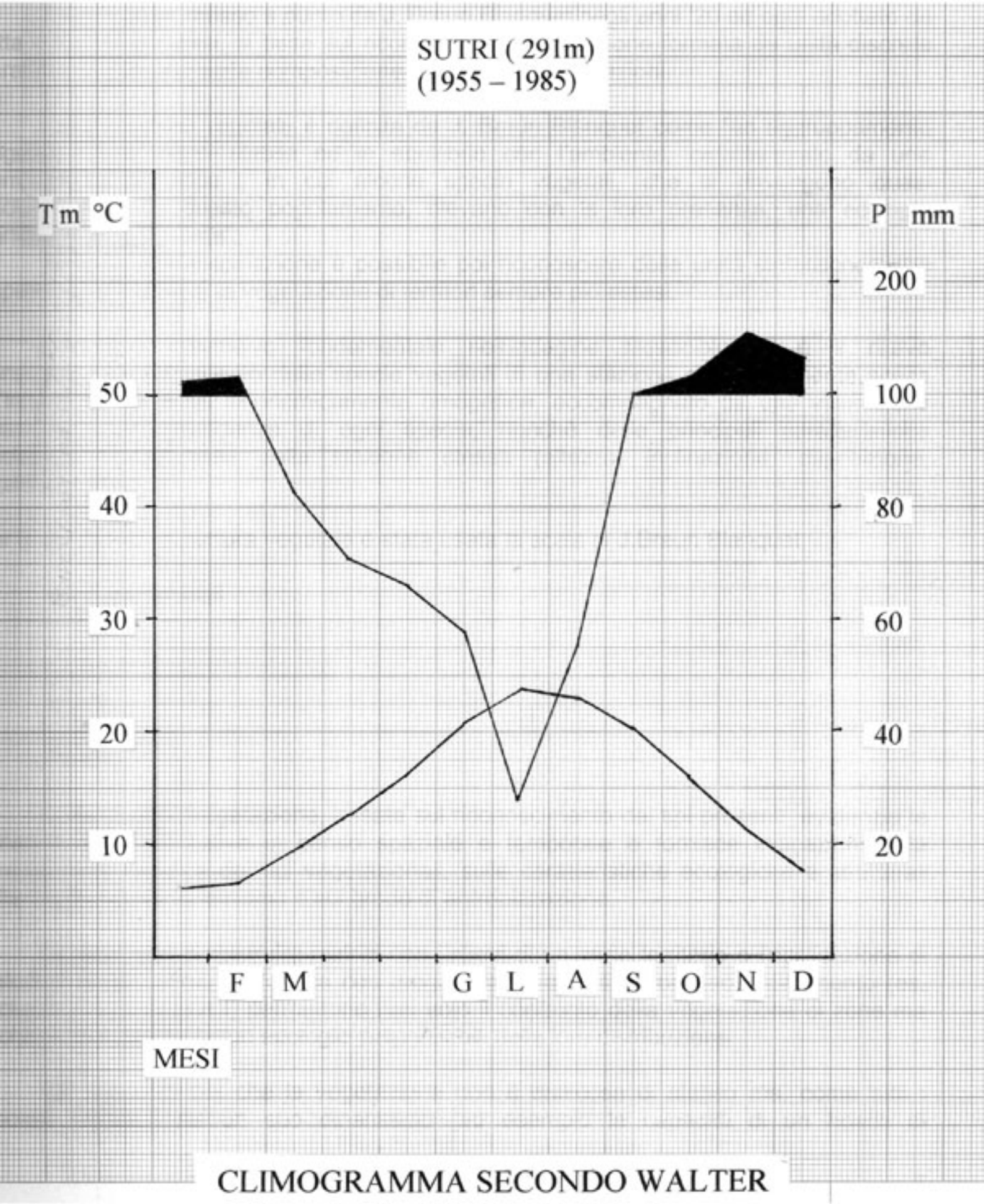
- relazione tecnica di progetto
- documentazione fotografica
- planimetrie e sezioni di progetto
- sezioni tipo
- computo metrico estimativo
- analisi prezzi
- elenco prezzi
- capitolato speciale
- piano di sicurezza

ELENCO TIPO ALLEGATI

ALL.1	Relazione (recupero dati di analisi del progetto preliminare più cartografie tematiche - geoidrologiche, c. vegetazione (TAV.2), c. sensibilità vegetazionale (TAV.3), documentazione fotografica (TAVV.4, 5, 6)	
ALL.2	Relazione di progetto	
ALL. 3	Quadro economico definitivo	
ALL. 4	Indagini geognostiche	
ALL 5	Corografie	1:10.000 / 1:5000
ALL.6	Planimetria catastale	1:2000
ALL.7	Rilievo topografico	1:500
ALL.8	Profilo	1:500/100
ALL.9	Sezioni trasversali	1:500
ALL.10	Rilievo vegetazionale (TAVV. 10, 11)	1:500
ALL.11	Planimetrie di progetto delle opere di ingegneria naturalistica (TAVV.18, 19)	1:500
ALL.12	Sezione di progetto delle opere di ingegneria naturalistica (TAVV.13, 14, 15)	1:100
ALL.13	Particolari costruttivi	1:100/50
ALL.14	Quaderno sezioni tipo (TAVV. 12, 17)	Scale varie
ALL.15	Elenco prezzi	
ALL.16	Analisi prezzi	
ALL. 17	Computo metrico estimativo	
ALL. 18	Piano particellare d'esproprio ed elenco ditte	
ALL. 19	Capitolato speciale d'appalto	
ALL. 20	Piano di sicurezza e coordinamento	
ALL. 21	Fascicolo dell'opera	

ESEMPI DI ALLEGATI PROGETTUALI

TAV. 1 - Fosso Ponte Panato (Sutri-VT)
Climogramma
Progetto Preliminare



CLIMOGRAMMA SECONDO WALTER

TAV. 2 - Fosso della Stagna (Sutri-VT)
Carta fisionomica strutturale della vegetazione esistente

Formazione Arborea Mesofila a:
Quercus Robur, Carpinus Betulus e Cornus Sanguinea

Cespuglieti del Mantello del Bosco a:
Cystisus Scoparius, Prunus Spinosa e Acer Campestre

Cespuglieti delle scarpate dell'alveo a:
Sambucus Nigra, Rubus Ulmifolius e Pteridium Aquilinum

Formazione Erbacea a:
Bromus Gussonei, Avena Barbata e Vicia Villosa

Alveo

Ubicazione dei Rilievi Vegetazionali

Curva di Livello

Curva di Livello Direttrice

Limite della Forra

Strade

E 1771800

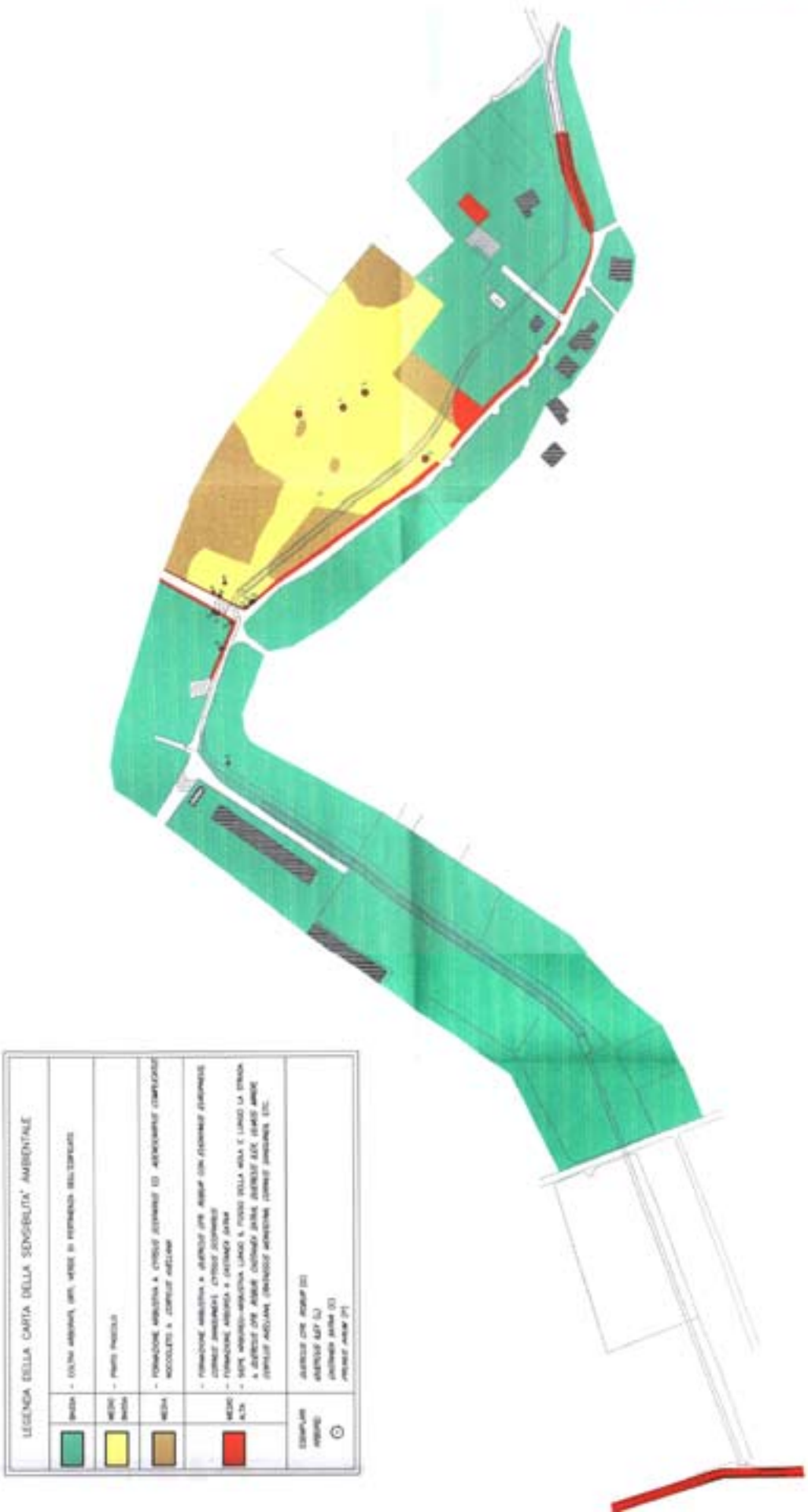
E 1771600

E 1771400

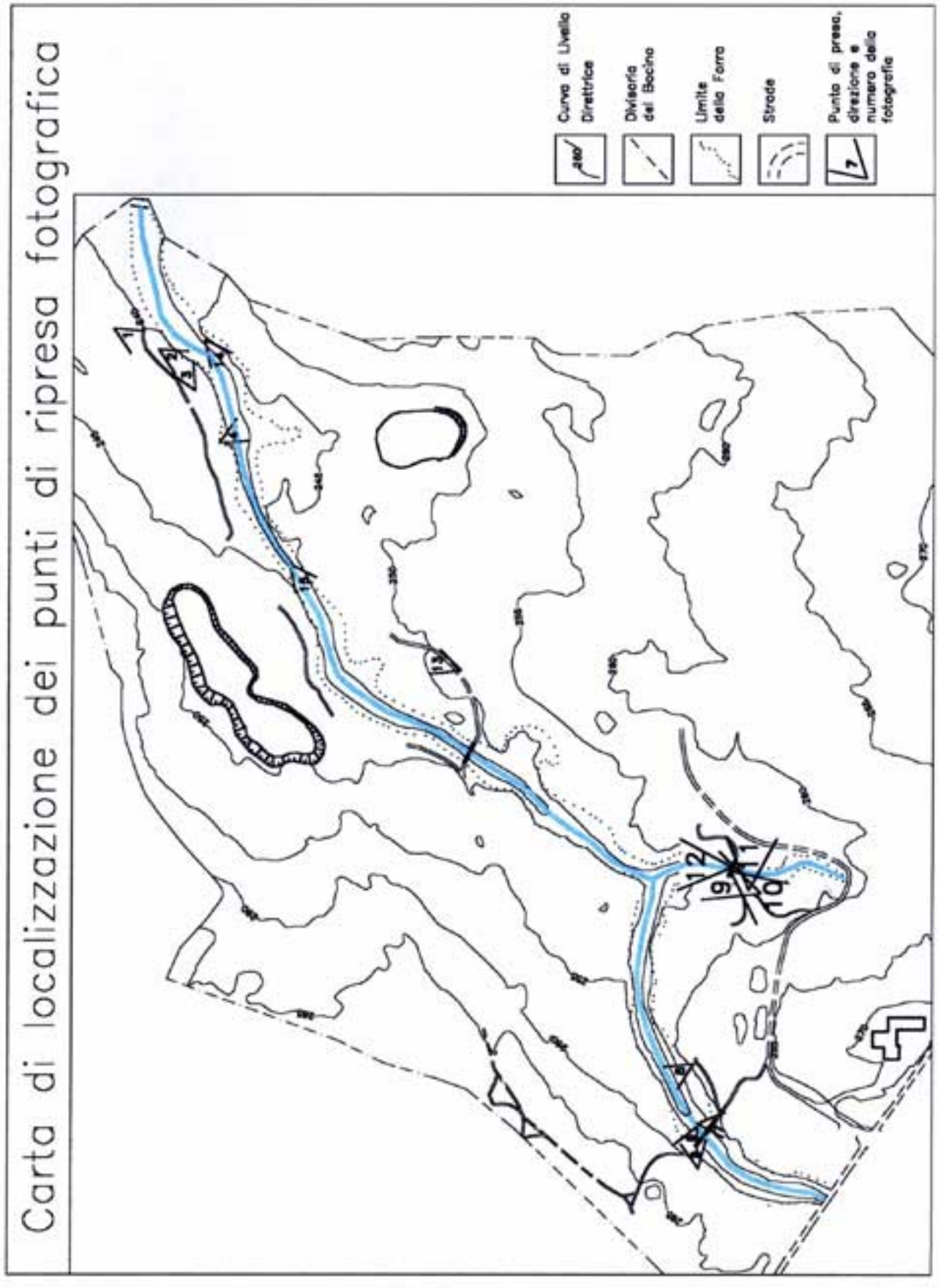
E 1771200

E 1771000

TAV.3 - Fosso della Mola (Grottaferrata-RM)
Carta della sensibilità ambientale



TAV. 4 - Fosso della Stagna (Sutri - VT)
Carta dei punti di ripresa fotografica



TAV. 5 - Fosso della Stagna (Sutri - VT)
Documentazione fotografica della situazione vegetazionale

Foto 1- Incolto a *Bromus gussonei, Avena barbata* e *Vicia villosa*

Foto 2- Cespuglieti sul ciglio della forra a *Rubus ulmifolius, Pteridium aquilinum* e *Sambucus nigra*

TAV. 6 - Fosso della Stagna (Sutri - VT)
Documentazione fotografica della situazione vegetazionale

Foto 14 - Zona bassa di alveo in terreni instabili

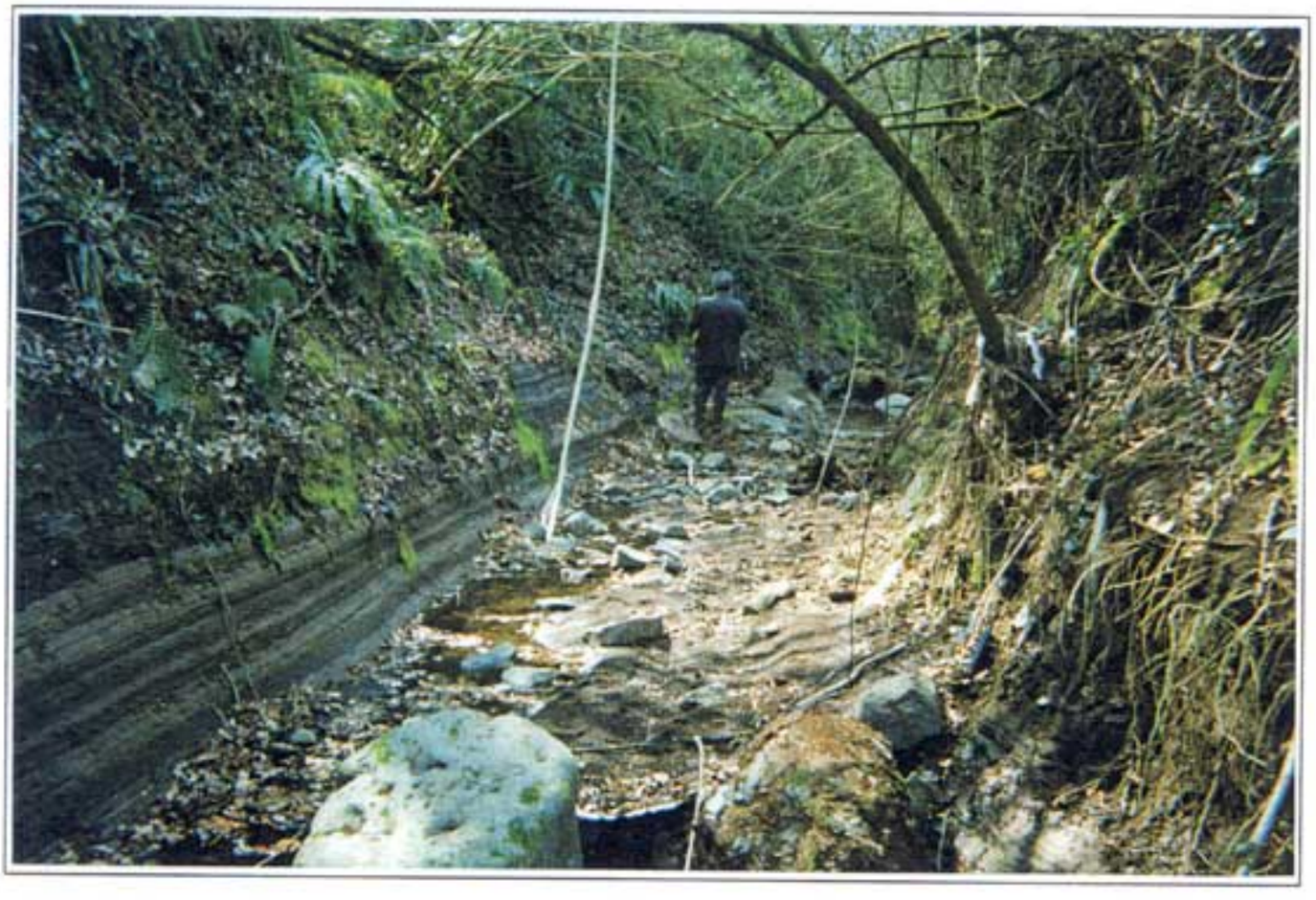


Foto 15 - Zona intermedia di alveo in terreni più solidi

TAV. 7 - Rio Inferno (Cassino)
Elenco delle specie legnose per gli interventi di rinaturazione
Progetto Preliminare

Tabella 1. Cespuglieti

1A - *Cespuglieti termo-xerofili*

Phillyrea latifolia	fillirea
Pistacia lentiscus	lentisco
Myrtus communis	mirto
Cistus salvifolius	cisto femmina
Cistus incanus	cisto rosso
Erica arborea	erica arborea
Erica multiflora	erica multiflora
Rosa sempervirens	rosa di S.Giovanni
Juniperus communis	ginepro comune

1B - *Cespuglieti termo-mesofili*

Crataegus monogyna	biancospino
Viburnum tinus	lentaggine
Carpinus orientalis	carpino orientale
Spartium junceum	ginestra comune
Coronilla emerus	dondolino
Ligustrum vulgare	ligustro
Cercis siliquastrum	albero di Giuda
Cornus sanguinea	sanguinello
Euonymus europaeus	fusaggine
Prunus spinosa	prugnolo
Rosa canina	rosa selvatica
Acer campestre	testucchio

1C - *Cespuglieti meso-igrofili*

Salix alba	salice bianco
Salix purpurea	salice rosso
Salix eleagnos	salice ripaiolo
Salix caprea	salice delle capre
Populus alba	pioppo bianco
Populus nigra	pioppo nero
Populus tremula	pioppo tremulo
Crataegus monogyna	biancospino
Cornus sanguinea	sanguinello

1D - *Talee*

Salix alba
Salix purpurea
Salix eleagnos
Ligustrum vulgare
Tamarix sp. pl.

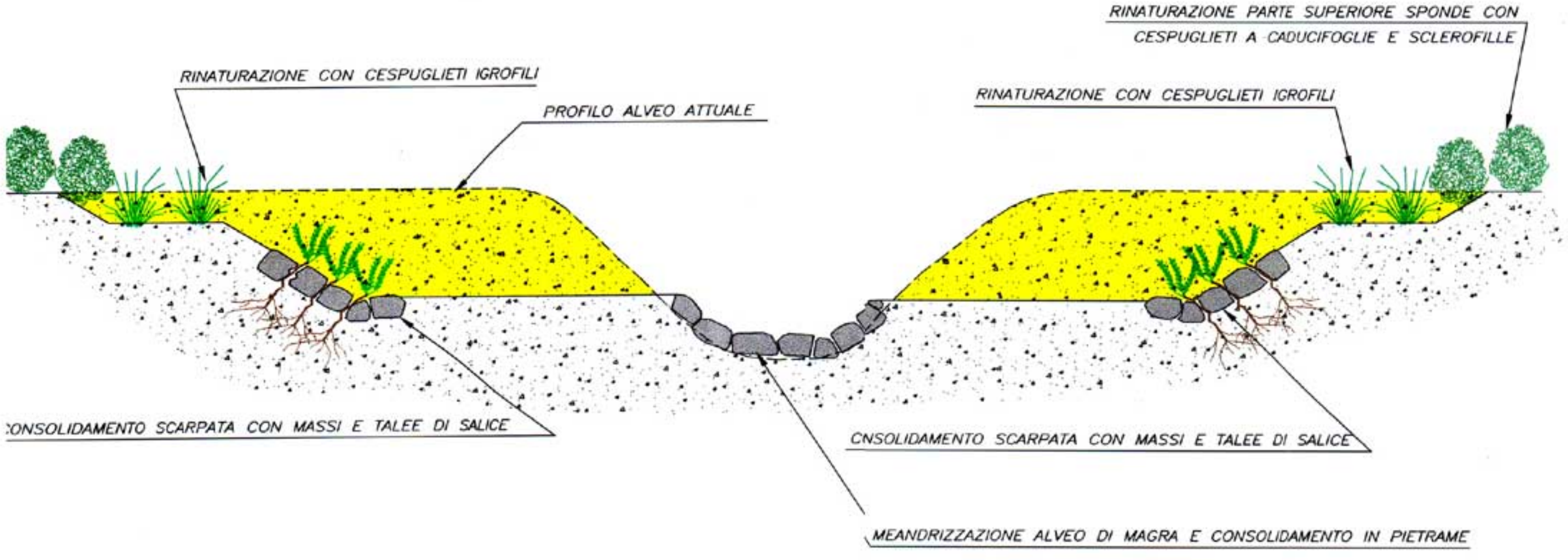
Tabella 2 - Specie arboree

Quercus cerris	cerro
Quercus ilex	leccio
Quercus robur	farnia
Quercus pubescens	roverella
Populus alba	pioppo bianco
Populus nigra	pioppo nero
Populus tremula	pioppo tremulo
Acer campestre	testucchio
Acer monspessulanum	acero minore
Fraxinus ornus	orniello
Sorbus domestica	sorbo comune
Ostrya carpinifolia	carpino nero
Cercis siliquastrum	albero di Giuda
Pyrus pyraster	pero selvatico

TAV. 8 - Fosso di Ponte Panato (Sutri, VT).Progetto Preliminare
Elenco delle specie legnose rinvenute nell'area dell'alveo

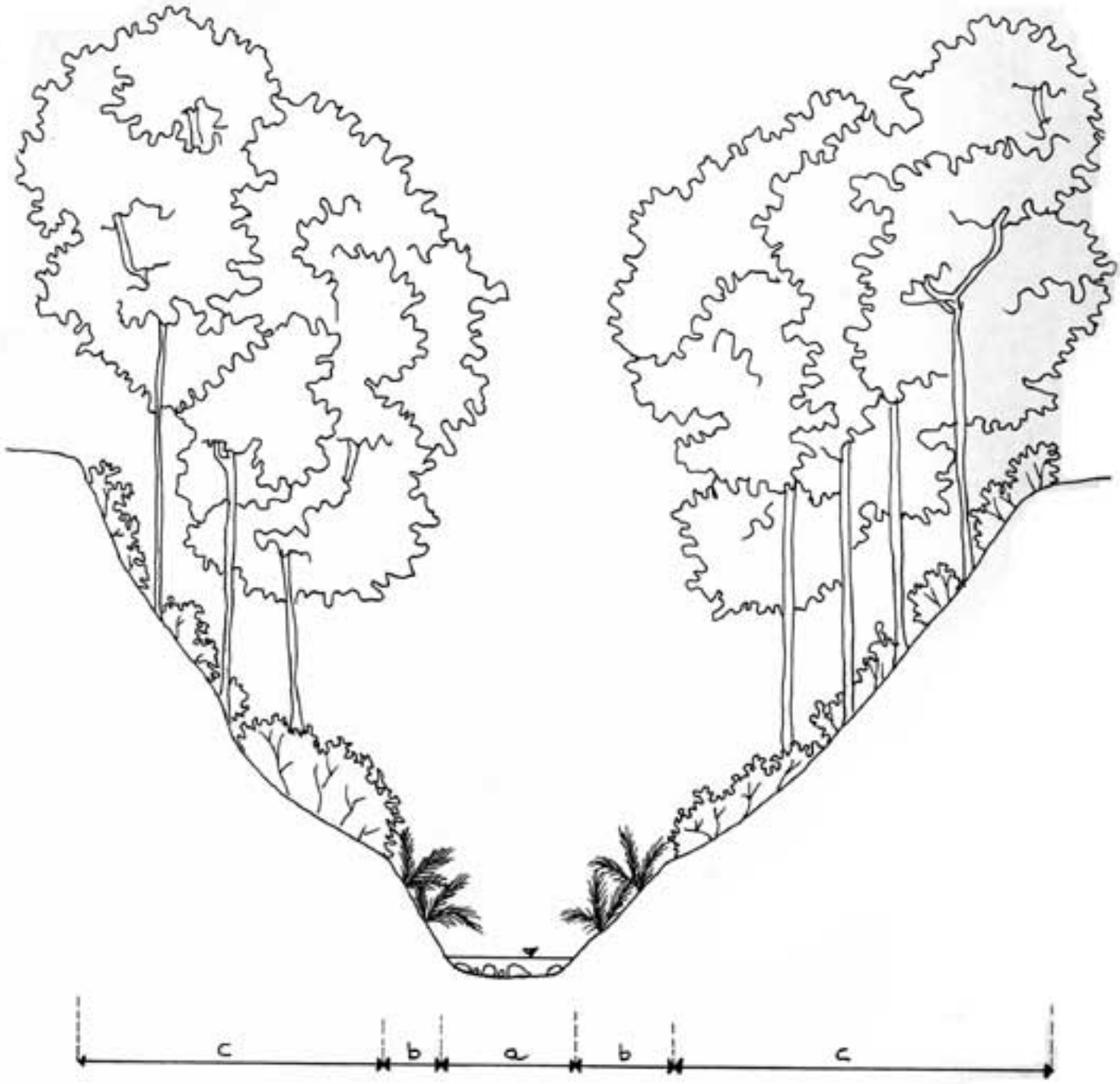
Alberi	
Quercus robur	Farnia
Quercus cerris	Cerro
Populus nigra	Pioppo nero
Quercus pubescens	Roverella
Ostrya carpinifolia	Carpino nero
Carpinus betulus	Carpino bianco
Ulmus minor	Olmo comune
Sambucus nigra	Sambuco nero
Acer campestre	Loppio
Cercis siliquastrum	Albero di Giuda
Arbusti	
Corylus avellana	Nocciolo
Lonicera caprifolium.	caprifoglio
Cytisus scoparius	Ginestra dei carbonai
Cornus sanguinea	Sanguinello
Rosa canina	Rosa canina
Rubus ulmifolius	Rovo comune
Ligustrum vulgare	Ligustro
Salix caprea	Salice delle capre
Spartium junceum	Ginestra di Spagna
Crataegus monogyna	Biancospino
Viburnum tinus	Tino
Prunus spinosa	Prugnolo
Euonymus europaeus	Berretta da prete

TIPOLOGIA 3
SEZIONE TIPO



TAV.9 - Rio Inferno (Cassino)
Sezione Tipo
Progetto Preliminare

TAV. 10 - Fosso Ponte Panato (Sutri - VT)
Sezione della situazione vegetazionale della forra
Progetto Esecutivo



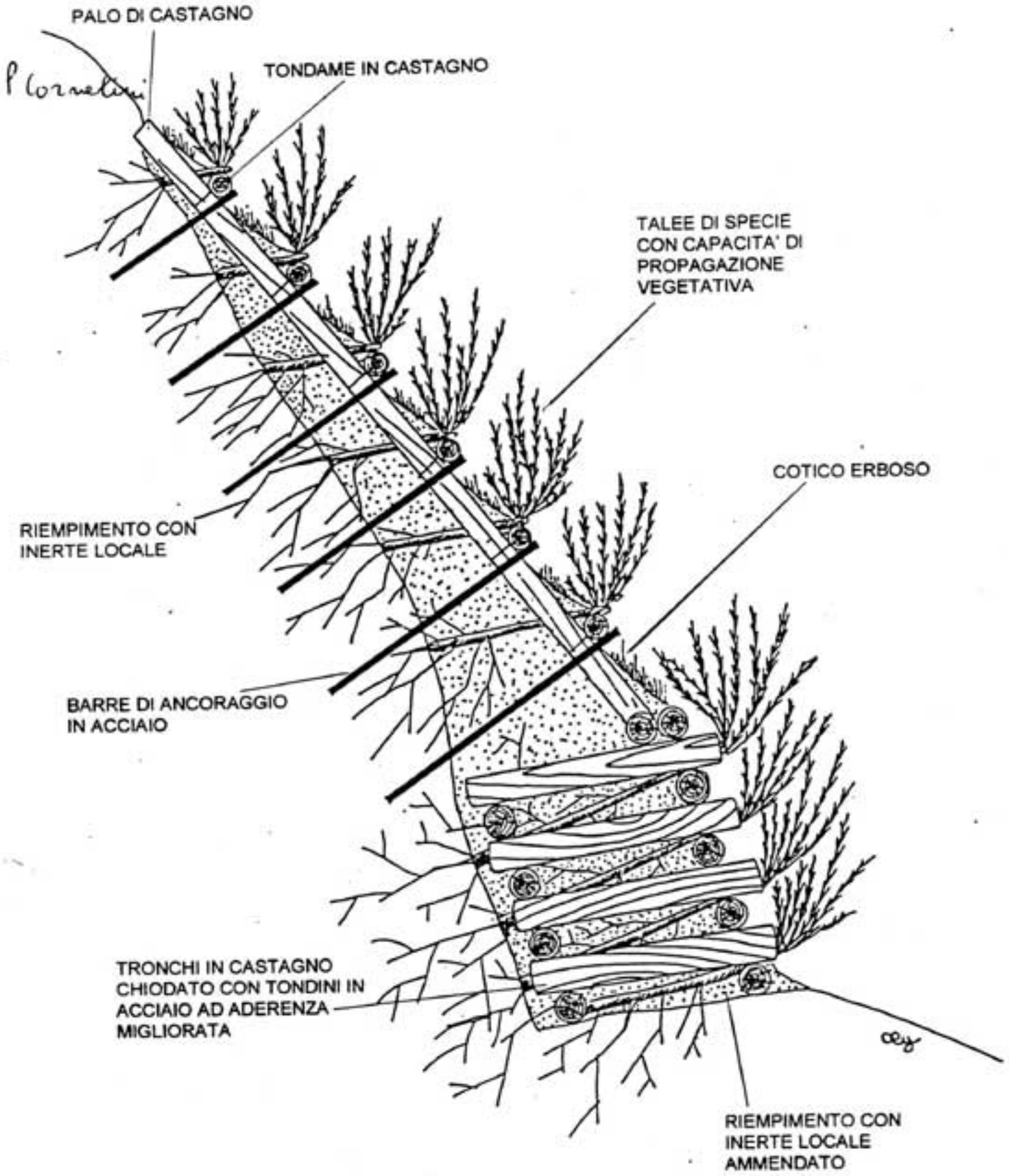
SEZIONE TIPO DELLA FORRA

LEGENDA

a) ALVEO CON MASSI E PIETRAME
b) PARETI TUFACEE CON STILLICIDIO A *Polysticum setiferum* e *Phyllitis scolopendrium*
c) FORMAZIONE ARBOREA MESOFILA A *Quercus robur, Carpinus betulus* e *Cornus sanguinea*

TAV. 11 - T. Apsa località Miniera (Urbino)
Sezioni con stato attuale vegetazione
Progetto Esecutivo

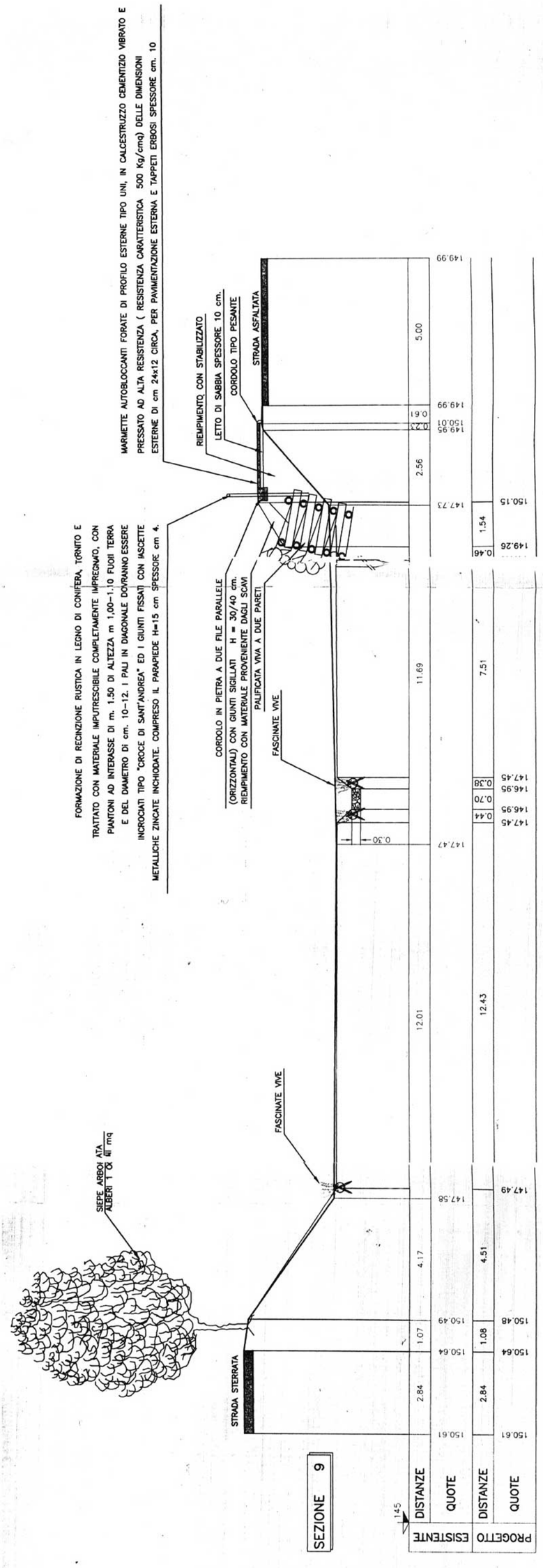
TAV. 12 - Frana di Atina (FR)
Progetto Esecutivo



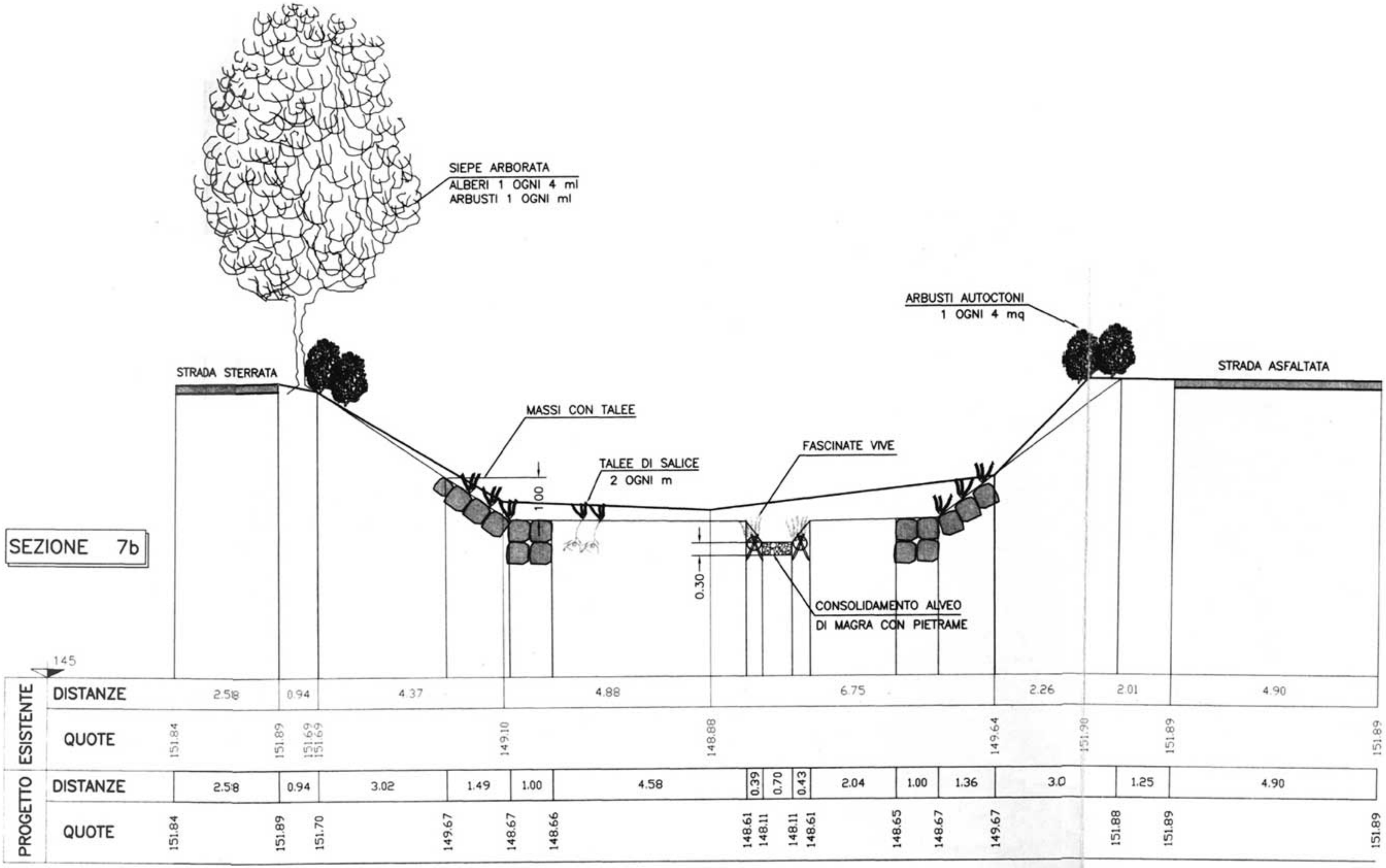
GRATA VIVA SEMPLICE CON PALIFICATA VIVA

SCALA 1: 50

TAV. 13 - Rio Inferno (Cassino)
Sezione interventi Ingegneria Naturalistica
Progetto Esecutivo



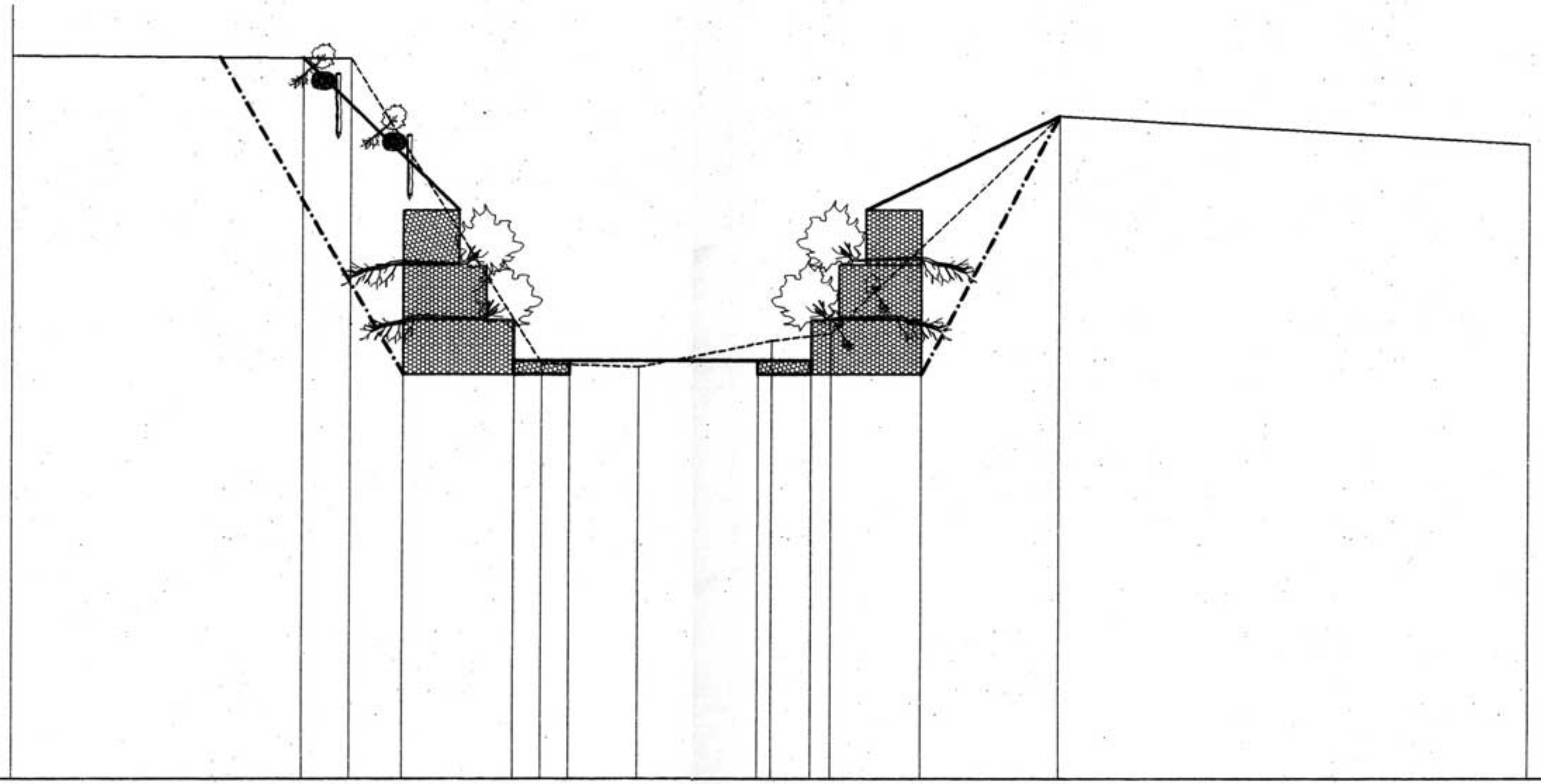
TAV. 14 - Rio Inferno (Cassino)
Sezione interventi Ingegneria Naturalistica
Progetto Esecutivo



TAV. 15 - RioValleluce (S. Elia Fiumerapido)
Sezione interventi Ingegneria Naturalistica
Progetto Esecutivo

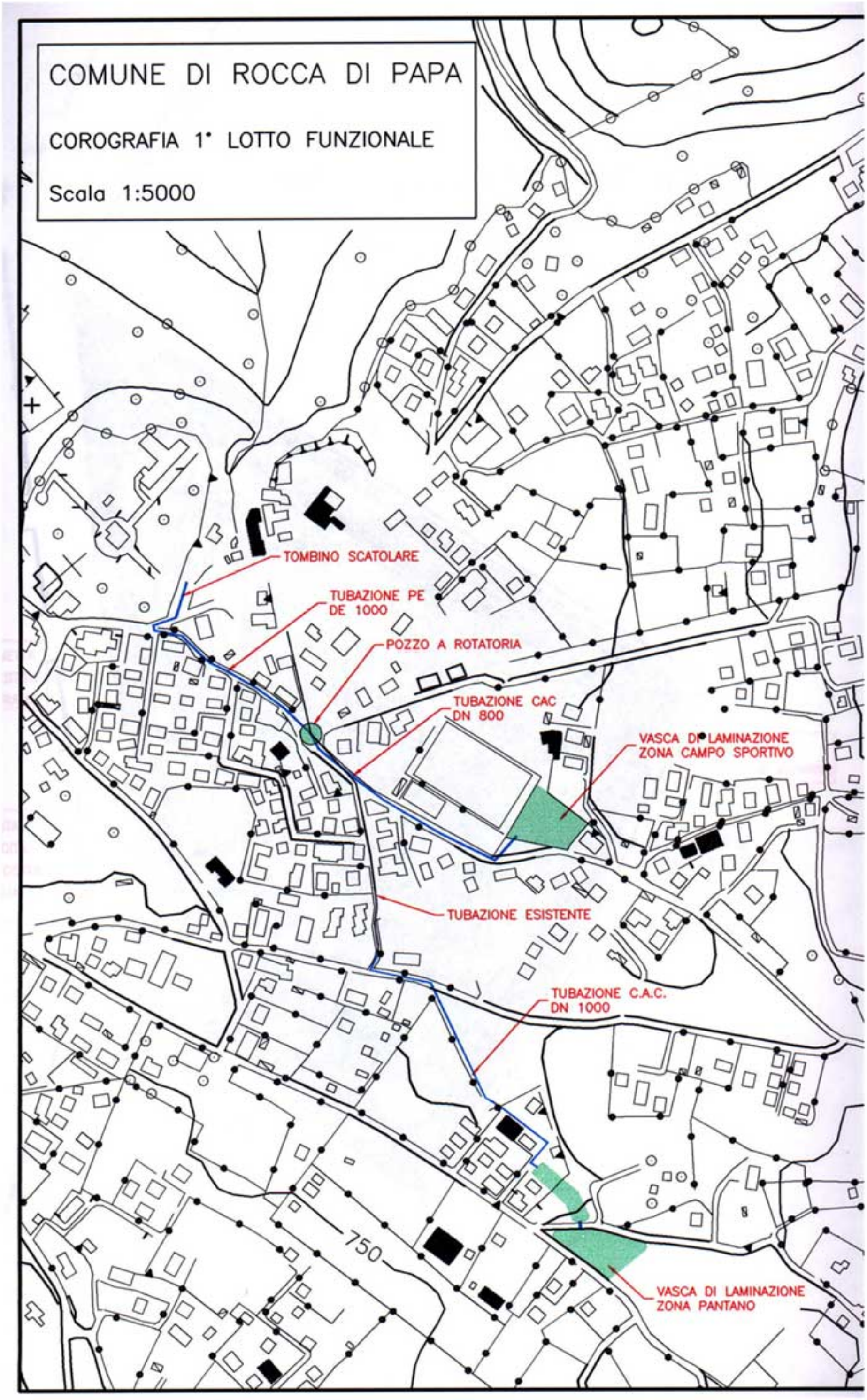
SEZIONE N. : 4
Distanza progressiva 118.35
S = 21.10 mq R = 13.00 mq

SCALA 1:100

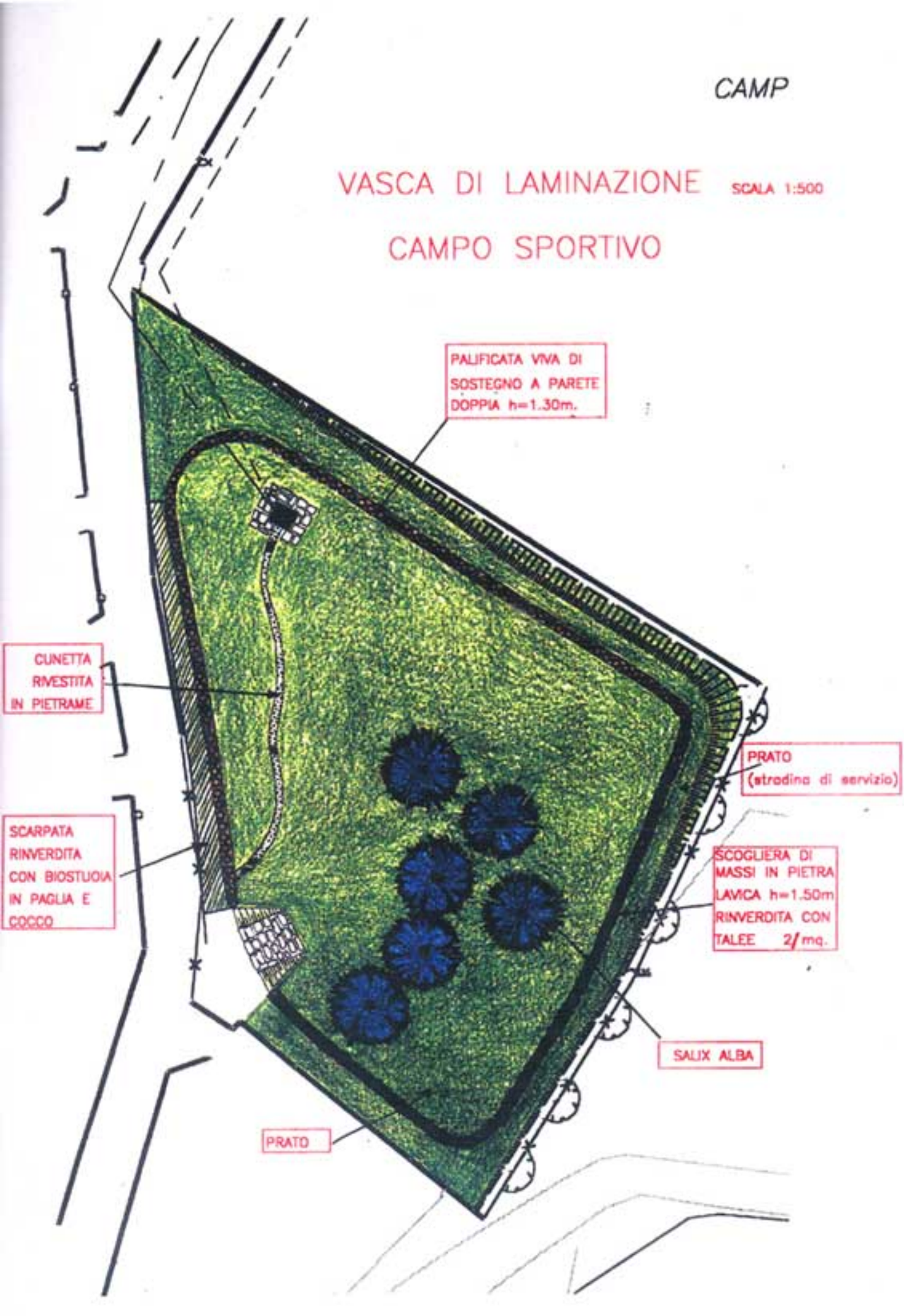


Punto	1	2	3	4	5	6	7	8
Quota terreno	124,03	123,99	118,42	118,35	118,83	118,96	122,93	122,42
Distanza parziale		6,16	3,46	1,76	2,49	1,09	4,16	8,48
Distanza progressiva	0,00	6,16	9,63	11,39	13,88	14,97	19,13	27,61
Quota progetto		124.00	121.21	118.21	118.21	118.21	121.21	122,93
Distanza parziale progetto		5.30	1.83	2.00	1.00	3.48	1.00	2.00	2.52	
Dist. preogressiva progetto	0,00	5.30	7.13	9.13	10.13	13.61	14.61	16.61	19,13	

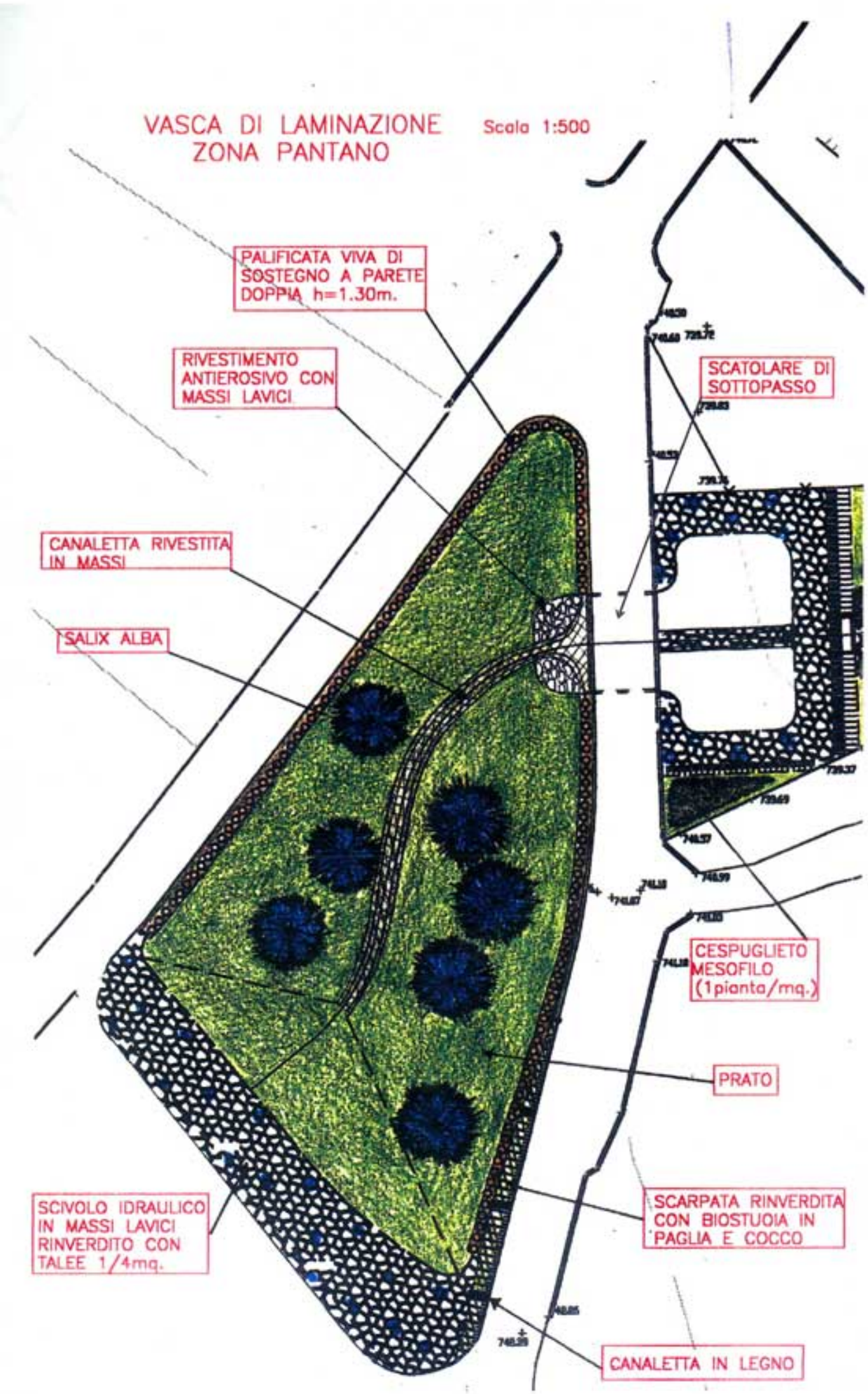
TAV. 16 - Località Pantano e campo sportivo (Rocca di Papa)
Corografia vasche di laminazione
Progetto Esecutivo



TAV. 18 - Località campo sportivo (Rocca di Papa)
Planimetria scala 1:500 vasca di laminazione
Progetto Esecutivo



TAV. 19 - Località Pantano (Rocca di Papa)
Planimetria scala 1:500 vasca di laminazione
Progetto Esecutivo



Situazione ante operam

Situazione in fase di cantiere

Tav. 20 - Loc. Pantano Rocca di Papa (RM) - Vasca di laminazione - Documentazione fotografica

Situazione a fine lavori

Situazione a 1 anno

Tav. 21 - Loc. Pantano Rocca di Papa (RM) - Vasca di laminazione - Documentazione fotografica

CAPITOLO 17

"MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA SU UN CAMPIONE SIGNIFICATIVO DI 15 CASISTICHE TRA QUELLE IN CORSO DI ESECUZIONE FINANZIATE CON I FONDI DELLA LEGGE 471/94"

F. Preti

Introduzione

Il presente rapporto è relativo allo stato conclusivo del punto 4: "Monitoraggio in corso d'opera su un campione significativo di 15 casistiche tra quelle in corso di esecuzione finanziate con i fondi della Legge 471/94" della Convenzione "ingegneria naturalistica: applicazione di tecniche di intervento a basso impatto ambientale nei programmi della Regione Lazio" fra Regione Lazio, l'Istituto di Genio Rurale dell'Università degli Studi della Tuscia di Viterbo e la società NATURSTUDIO Piccola s.c.r.l. di Trieste.

Nel documento che segue vengono riportati solo i dati sintetici conclusivi, mentre tutte le schede di monitoraggio complete sono depositate presso la Regione Lazio.

1. Aspetti operativi dell'attività di monitoraggio

Ai fini del monitoraggio dei cantieri prescelti, tenuta presente la finalità del lavoro di raccolta dei dati e le tempistiche disponibili, delle tre fasi classiche dei lavori: *ante operam (ex ante)*, *in opera (in corso d'opera)* e *post operam (ex post)* sono state portate a conclusione le prime due essendo alla data di stesura del documento impossibile eseguire la schedatura completa *post operam* in quanto molti cantieri risultavano ancora aperti.

Le schede di monitoraggio relative alle prime due fasi sono state messe a punto nella prima fase del lavoro da un *gruppo di monitoraggio* coordinato dal Prof. Ing. Preti docente del corso di Sistemazioni idraulico-forestali a Viterbo in collaborazione con il Dott. G. Sauli, presidente nazionale dell'Associazione Italiana Per l'ingegneria naturalistica (AIPIN), l'Ing. Dott. P. Cornelini, presidente della sezione Lazio dell'AIPIN, il Dott. For. F. Palmeri presidente della sezione Bolzano/Alto Adige dell'AIPIN.

Il gruppo di monitoraggio è stato integrato, in un secondo momento, da T. Falessi e A. Marazzi ed a numerose visite ai cantieri ha partecipato anche il Socio esperto dell'AIPIN R. Ferrari.

Le schede allegate al documento originale (qui non riportate) sono da considerare una versione definitiva, essendo stata condotta una verifica e una validazione dei dati raccolti, anche con la collaborazione degli esperti coinvolti nelle visite dei cantieri.

2. Selezione dei cantieri

Nella prima fase del lavoro sono stati selezionati per il monitoraggio 17 progetti fra i 50÷60 sottoposti all'esame dell'apposita commissione regionale ed approvati dalla stessa (delibera giunta regionale 4340 del 28 maggio 1996 che prevedeva la realizzazione di interventi con tecniche a basso impatto ambientale).
Si ricordano i fattori considerati nella fase di analisi e schedatura di tutti i progetti per la selezione:

- *progetto*
- *codice*
- *località*
- *bacino*
- *sottobacino*
- *zona fitoclimatica*
- *ambito (area urbana, rurale, protetta)*
- *importo totale*
- *importo I.N.*
- *tempi di attuazione lavori*
- *tipologie degli interventi*
- *tipologie delle opere di I.N.*

Allo stato attuale, risulta che due di questi cantieri non potranno essere monitorati: Fosso Leona a Tarquinia e Frana di Colle Melfa a Atina e quindi il numero complessivo torna ad essere di 15, come previsto in Convenzione.

Tali progetti sono ubicati nella tavola in *allegato* ed elencati nella tabella in *allegato*, in cui sono indicate le diverse tipologie di opere di I.N., mentre i "monitoratori", le date delle visite effettuate e lo stato di avanzamento dei lavori sono indicati in un successiva tabella in *allegato.*

Risulta che le visite condotte complessivamente sono state 91.

3. Risultati del monitoraggio

La fase *ante operam*

Le tre parti della scheda *ante operam* sono riportate integralmente nel documento originale per tutti i cantieri monitorati.

La fase *ante operam* dell'azione di monitoraggio prevede la compilazione in campo di una scheda suddivisa in tre parti distinte: nella prima si analizzano nel dettaglio i dati di progetto, nella seconda le caratteristiche dell'impresa esecutrice dei lavori mentre nella terza, si annota lo stato *ante operam* di ciascuna sezione di progetto, scelta per il monitoraggio sulla base delle tipologie d'opera che saranno realizzate, anche con dettagli di carattere idraulico rilevati durante la visita.
La compilazione di questa parte delle schede ha richiesto il reperimento, non sempre facile, dei documenti e degli elaborati dei progetti definitivi e di quelli preliminari. Pur disponendo dei progetti definitivi, si è spesso resa necessaria, infatti, anche l'analisi dei progetti preliminari per rintracciare alcuni dati, poiché spesso a questi si rimandava.

La scelta di riportare i dati di progetto nella prima parte della scheda è stata fatta per consentire un'analisi complessiva dei progetti stessi e poter porre l'attenzione sui problemi di ordine idraulico (e di dissesto più in generale), considerati come base progettuale.
Su questi dati è stata fissata l'attenzione in modo da valutare come il progettista abbia proposto, una volta individuato il problema, una sua soluzione e come siano state risolte le problematiche della progettazione con tecniche di I.N. (con l'esame ad esempio del capitolato speciale d'appalto nei paragrafi "dedicati" al trattamento del materiale vegetale vivente).

La seconda parte della scheda, riguardante le caratteristiche dell'impresa esecutrice, è stata pensata col solo scopo di conoscere le potenzialità di sviluppo degli interventi di I.N. nella regione e gli eventuali fabbisogni formativi e/o di aggiornamento.

La terza parte della scheda è dedicata alla valutazione dello stato dei luoghi prima dell'apertura dei cantieri in modo da permettere un'analisi dei miglioramenti ambientali *post operam* o degli eventuali danni causati da lavori mal condotti.
Per ogni progetto sono state analizzate le opere da realizzare ed è stata scelta una sezione di monitoraggio (evidenziata tra quelle in planimetria) per ognuna di esse. Il risultato dell'analisi condotta per ogni sezione è riportato su questa terza parte, a cui è anche allegato il materiale fotografico reputato utile per documentare lo stato dei luoghi prima degli interventi.

4. La fase in corso d'opera

Le due parti della scheda *ante operam* sono riportate integralmente nel documento originale per tutti i cantieri monitorati.

Mentre le schede riguardanti la fase *ante operam* sono state pensate per poter essere utilizzate tal quali in tutti i cantieri, indipendentemente dalle tipologie d'opera previste, poiché hanno come idea di fondo quella di una descrizione del progetto, dell'impresa realizzatrice e dello stato dei luoghi, per la successiva fase di realizzazione delle opere, le singole tipologie e i materiali usati vanno analizzati in dettaglio, così come i metodi costruttivi seguiti.

Perciò si sono approntate due schede sostanzialmente differenti da quelle della precedente fase: una quantitativa ed una descrittiva, che mirano a verificare la qualità della realizzazione e le modifiche apportate in corso d'opera.
Al fine di rendere omogeneo il rilevamento delle caratteristiche dei cantieri e renderli confrontabili per categorie di opere, è stata approntata una scheda in cui sono elencate tutte le opere che verranno realizzate.
Questa prima scheda, quantitativa, suddivisa per voci di analisi, è riassumibile graficamente in una matrice in cui sono stati inseriti in ascissa i diversi criteri di analisi dei cantieri ed in ordinata tutte le opere da eseguire nei diversi cantieri di ingegneria naturalistica del Lazio; essa è stata applicata ad ogni opera realizzata nel cantiere e valutata tramite un punteggio cardinale.
Il monitoraggio a punti cardinali, con giudizi predefiniti che corrispondono a diversi livelli qualitativi di realizzazione, è stato pensato per evitare giudizi personali o basati sull'esperienza (o inesperienza) di chi compila le schede. I parametri considerati per l'assegnazione di questi punteggi, sono quelli direttamente verificabili durante i sopralluoghi o rilevabili tramite interviste fatte al personale di cantiere.

Questo punteggio, mediato per il numero di opere presenti nel cantiere (nel diagramma 14 si riporta la "frequenza" delle diverse tipologia di opera), fornisce un indice quantitativo utile per confrontare le diverse realizzazioni costruttive anche per località lontane e quindi non confrontabili per caratteristiche geografiche o vegetazionali.
Compilata la scheda per ciascun cantiere con le sue opere, è possibile istituire un confronto incrociato sia tra i cantieri, per verificare un indice di qualità delle realizzazione in

assoluto, sia opera per opera nei diversi cantieri in cui sono previste (vedi diagrammi n. 16 e 17 in allegato).

Come già detto, si è scelto di includere tutte le tipologie d'opera che sono state realizzate nei diversi cantieri di I.N. del Lazio in un'unica tabella e, per ciascuna di esse, di verificare i seguenti parametri strettamente riguardanti l'ingegneria naturalistica:

- la rispondenza (delle opere realizzate) al progetto (vedi diagramma 2);
- la reperibilità e disponibilità dei materiali vegetali (talee) (vedi diagr.4);
- la reperibilità e disponibilità dei materiali vegetali (piante) (vedi diagr.5);
- la gestione del materiale vivo di nuovo impianto (vedi diagr.6);
- la gestione del materiale vegetale preesistente (vedi diagr.7);
- le specie vegetali usate (vedi diagr.8);
- la dimensione del materiale legnoso vivo (piante, talee, ramaglie) (vedi diagr.9);
- le dimensioni del materiale legnoso morto (vedi diagr.10);
- le dimensioni del materiale acciaioso, ferroso e lapideo (vedi diagr.11);
- il periodo d'impianto delle specie vegetali (vedi diagr.12);

ed alcuni parametri riguardanti il cantiere più in generale:

- l'organizzazione del cantiere (vedi diagr.1);
- la sicurezza (vedi diagr.3);
- il numero di operai (vedi diagr.13).

Per evitare quanto più è possibile l'aleatorietà dei giudizi dei singoli "monitoratori" si è attribuito a ciascun parametro un valore da 1 a 5 stabilito sulla base di apposite scale di valutazione

L'applicabilità di questi parametri è stata poi verificata sul campo. Queste verifiche hanno evidenziato che, mentre per alcune fasi era possibile mantenere una scala di valutazione a cinque punti, per altre era impossibile data la difficoltà di definire parametri che fossero altamente discriminanti tra un punteggio ed il successivo; si è pertanto convenuto di utilizzare anche delle scale di valutazione a tre punti, eliminando i punteggi intermedi (2-4) per non falsare il risultato finale. Questo criterio è importante perché permette, sulla base del risultato finale per ogni singola opera, di stilare una graduatoria, suddivisa in classi, che rispecchierà la migliore o peggiore esecuzione delle opere stesse.

In allegato si riportano anche dei diagrammi di sintesi di tali punteggi, sopra citati, con riferimento ai giudizi relativi ad ogni punteggio codificati in maniera da essere univoci e sono raccolti in un apposito elenco *(in allegato).*

Per trovare il valore discriminante per il passaggio da una classe all'altra è stata usata la seguente espressione:

valore cercato =
(massimo possibile – minimo possibile) / numero di classi.

Per esempio, si mostra il calcolo nel caso si voglia avere una graduatoria a dieci classi e sedici criteri:

- punteggio massimo ottenibile per una certa opera = **80** (**5** - *punteggio massimo per ogni singola fase* - **x 16** *criteri di analisi*)
- punteggio minimo ottenibile = **16** (**1** – *punteggio minimo per ogni singola fase* – **x 16** *criteri*)

dalla formula suddetta si ottiene (**80 – 16**) **/10** = **6,4**

che costituisce il valore discriminante per il passaggio da una classe all'altra.

Avremo quindi la seguente

Graduatoria delle singole opere

♦ **0**	**÷**	**6,4**	**1ª classe**
♦ **6,4**	**÷**	**12,8**	**2ª classe**
♦ **12,8**	**÷**	**19,2**	**3ª classe**
♦ **……**		**……**	**……**
♦ **57,6**	**÷**	**64**	**10ª classe**

Si calcoli ora la somma dei punteggi ottenuti dalle singole fasi di una certa opera e si abbia ad esempio 18; confrontando questo valore con quelli della graduatoria si vede che l'opera rientra nella terza classe; lo stesso calcolo può essere eseguito per tutte le opere del cantiere ottenendosi in questo modo una valutazione opera per opera oppure per l'insieme di tutti i cantieri (cfr. diagramma 16) della bontà del lavoro eseguito. Si osservi, a tal proposito, l'esempio del diagramma 17 in allegato che esprime la qualità di realizzazione delle palificate vive doppie nei vari cantieri in cui tale tipologia di opera è stata realizzata.

La scelta di controllare sia le dimensioni del materiale vegetale messo a dimora sia le dimensioni del materiale inerte utilizzato (legname, ferro, pietrame) è stata fatta poiché consente di contestare immediatamente eventuali sottodimensionamenti.

La reperibilità e disponibilità del materiale vegetale costituisce, poi, un capitolo spinoso e delicato della fase di cantiere e ciò per un duplice motivo:

1. sembra difficile che i vivai delle zone attorno ai cantieri di I.N. realizzati nel Lazio, possano fornire grandi quantità di piante, e tantomeno talee di uno÷tre anni, per cui potrebbe verificarsi l'esigenza di ricorrere a molti vivai, alcuni anche lontani;
2. sembra difficile che piccoli vivai locali possano avere sempre le specie necessarie.

Maggiori possibilità per il reperimento delle talee si hanno se nei dintorni del cantiere sono presenti nuclei consistenti di vegetazione autoctona ed in particolare ripariale.
Infatti, è spesso possibile produrre in loco le talee prelevandole dal selvatico, purché si rispettino tutte le esigenze delle talee stesse, come la messa a dimora nel più breve tempo possibile evitando l'esposizione ai raggi solari diretti.
Verificare tutti questi parametri, cioè la capacita e le difficoltà di gestione del materiale vegetale in tutti i cantieri interessati dal monitoraggio, equivale ad avere elementi sufficienti per suggerire poi, per i cantieri futuri, le migliori modalità per la gestione del materiale vegetale vivo (come ad esempio l'eventuale creazione di un vivaio temporaneo vicino alla zona di intervento). Gli alti costi, la necessità di competenze specialistiche e i tempi piuttosto lunghi andranno comunque tenuti bene in conto.

La seconda scheda, a carattere maggiormente descrittivo, è stata preparata per raccogliere notizie sulla direzione dei lavori nel senso più ampio (D.L.), sull'impresa esecutrice dei lavori e sui mezzi da essa effettivamente impiegati in cantiere, sulle specie usate, le loro dimensioni reali e l'effettivo periodo di impianto.
La ripetizione del controllo sul materiale vegetale utilizzato, nella seconda scheda del monitoraggio a cantieri aperti, ha consentito di avere un dato esatto sulla provenienza di questo materiale. Da questo è risultata maggiormente chiara l'attenzione prestata all'approvvigionamento del materiale vegetale, la rispondenza rispetto al progetto e la capacità di gestione del materiale vegetale in cantiere da parte dell'impresa e della D.L. o addirittura la scelta di specie non idonee (cfr. diagramma 15).
Nell'ottica del monitoraggio, questi controlli sono stati utili per evidenziare i più comuni errori di realizzazione.

4.1. Fase post operam

La verifica *post operam* potrà essere eseguita e completata a cantieri espletati e per successive fasi di sviluppo della vegetazione (6 mesi, 1 anno, 1,5 anni, …).
La scheda *post operam* potrà risultare una versione semplificata rispetto alle precedenti sulla falsariga della scheda di monitoraggio AIPIN allegata.

5. Elenco allegati (della documentazione originale)

- ***Ubicazione dei cantieri selezionati***
- ***Tavola sinottica dei progetti con indicazione delle tipologie di opera***
- ***Diagrammi sul numero delle varie opere nei cantieri selezionati***
- ***Elenco dei referenti per ciascun cantiere e visite effettuate***
- ***Prima parte della scheda di monitoraggio ante operam compilata***
- ***Seconda parte della scheda di monitoraggio ante operam compilata***
- ***Terza parte della scheda di monitoraggio ante operam compilata***
- ***Prima parte della scheda di monitoraggio in corso d'opera compilata***
- ***Diagrammi a torta dei giudizi di valutazione e punteggi associati***
- ***Seconda parte della scheda di monitoraggio compilata in corso d'opera***

- ***Planimetrie con ubicazione delle sezioni monitorate;***
- ***Sezioni di progetto;***
- ***Fotografie delle sezioni ante operam più significative;***
- ***Fotografie delle sezioni in corso d'opera più significative.***

Ubicazione dei cantieri oggetto del monitoraggio.

Fig.17.1

Num. Regionale	1	4	5	12	14	15	16	19	23	32	37	39	49	50	51	52	53
LOCALITA'	Fiume Melfa	Rio Mandrinello	Rio Fontanelle	Rio Saetta	Frana Coll. S. Sebastiano	Fiume Cosa	Rio Inferno	Rio Valleluce	Rio Ascensione	Fiume Sacco	Fosso Leona	Torrente Arrone	Fiume Velino	Frana Colle	Regimaz. Idraulica	R. Grande	T. Pontone
COMUNE	**Atina**	**Villa S. Lucia**	**Cassino**	**Cassino**	**Isola Liri**	**Alatri Frosinone**	**Cassino**	**S. Elia Fiumerapido**	**Cassino Cervaro**	**Patrica**	**Tarquinia**	**Tarquinia**	**Antrodoco**	**Atina**	**Rocca di Papa**	**Affile**	**Formia**
Idrosemina					x	x	x	x	x	x				x	x		
Idrosemina a spessore														x			
Biostuoia cocco						x					x			x	x		
Erkamat										x							
Italmanec										x							
Canal. biostuoia e rete zincata														x			
Geocelle a nido d'ape					x												
Copertura diffusa									x								
Talee			x		x	x	x		x		x tamerici			x	x	x	x tamerici
Arbusti					x		x		x	x	x			x	x		
Alberi			x				x			x					x		
Gradonate					x									x	x		
Viminate vive														x	x		
Fascinate vive						x	x	x						x	x	x	
Palizzate vive														x			
Palificate reatine													x				
Palificate spondali con fascine												x					x
Palificata viva doppia			x	x			x				x		x	x	x		
Briglie in legname e pietrame															x		
Canaletta legname e pietrame															x		
Gabbioni rinverditi		x		x		x		x			x	x	x	x	x	x	
Gabbioni cilindrici						x						x				x	
Materassi Geomac								x									
Materassi con talee								x		x	x	x					
Terre rinforzate														x			
Scogliera con talee	x	x	x	x			x					x	x		x		x
Soglia in massi							x								x		
Rampa di risalita				x													
Graticciate micropali																x	

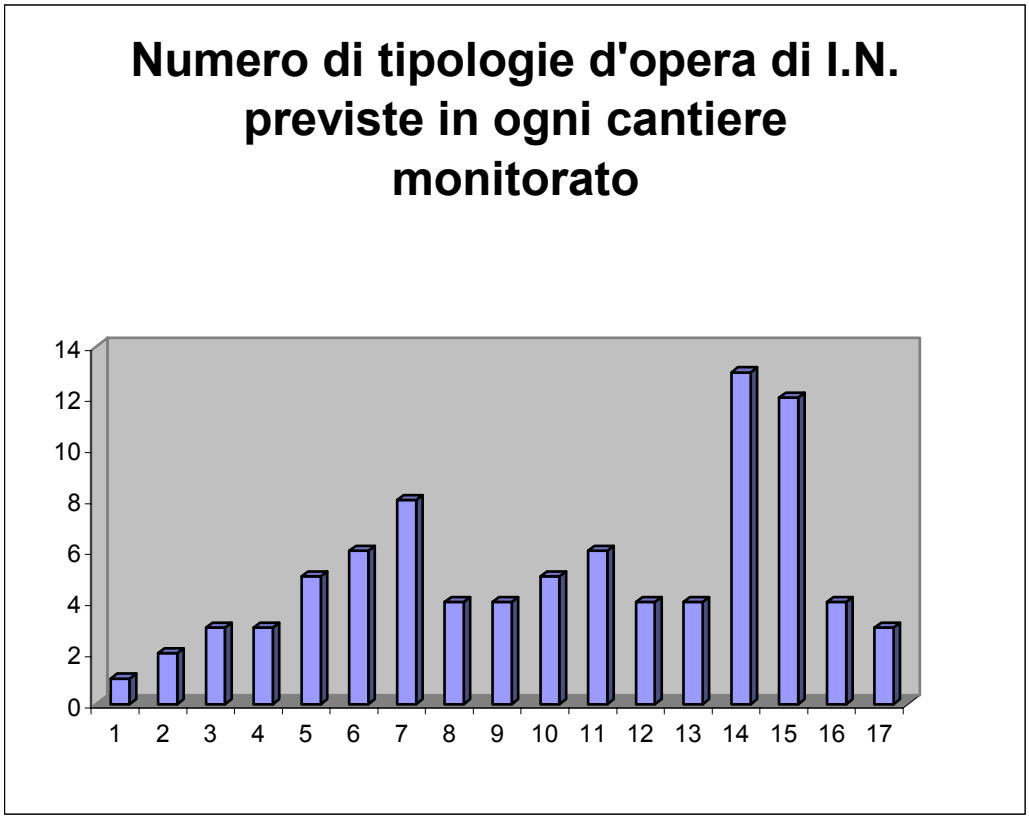
Legenda:

x opere previste
opere da realizzare
opere realizzate

Fig.17.2

Cantiere:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
N° tipol. previste:	1	2	3	3	5	6	8	4	4

Cantiere:	10	11	12	13	14	15	16	17
N° tipol. previste:	5	6	4	4	13	12	4	3



Cantieri:

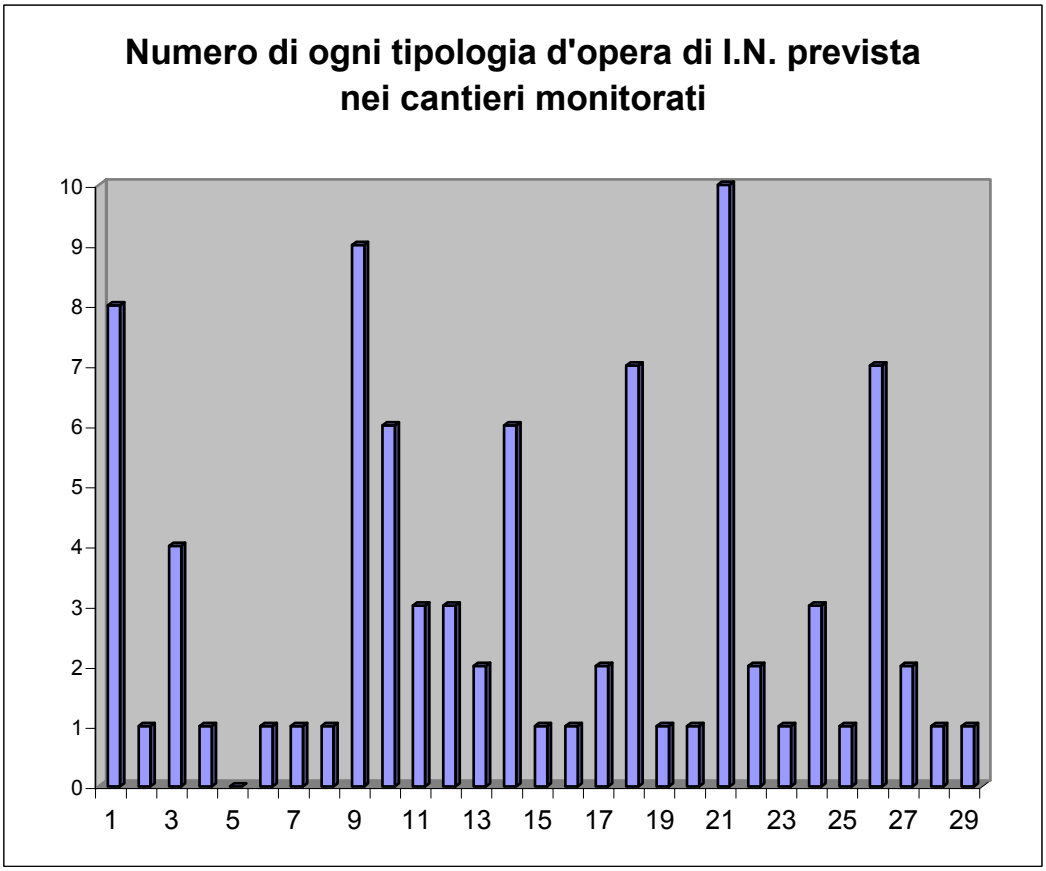
1 Fiume Melfa (Atina)
2 Rio Mandrinello (Villa S. Lucia)
3 Rio Fontanelle (Cassino)
4 Rio Saetta (Cassino)
5 Frana Coll. S. Sebastiano (Isola Liri)
6 Fiume Cosa (Alatri Frosinone)
7 Rio Inferno (Cassino)
8 Rio Vallleluce (S: Elia Fiumerapido)
9 Rio Ascensione (Cassino Cervaro)
10 Fiume Sacco (Patrica)
11 Fosso Leona (Tarquinia)
12 Torrente Arrone (Tarquinia)
13 Fiume Velino (Antrodoco)
14 Frana Colle Melfa (Atina)
15 Regimaz. Idraulica (Rocca di Papa)
16 R. Grande Carpine (Affile)
17 T. Pontone T. S. Croce (Formia)

Fig.17.3

Tipol. d'opera:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Freq. prevista:	8	1	4	1	0	1	1	1	9	6

Tipol. d'opera:	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Freq. prevista:	3	3	2	6	1	1	2	7	1	1

Tipol. d'opera:	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Freq. Prevista:	10	2	1	3	1	7	2	1	1

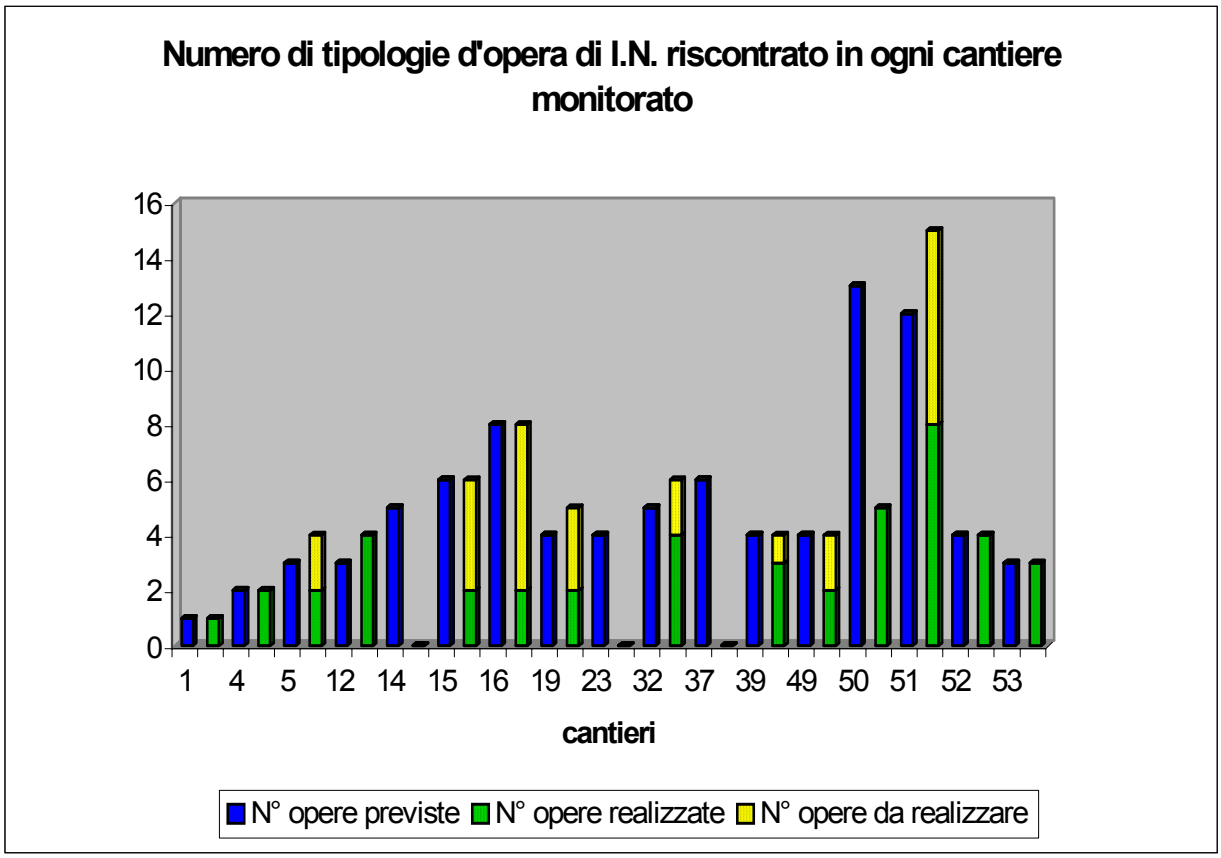


Tipologie d'opera:

1: Idrosemina
2: Idrosemina a spessore
3: Biostuoia cocco
4: geostuoia tridimensionale sintetica
5: Geostuoia + rete metallica
6: Canal. biostuoia e rete zincata
7: Geocelle a nido d'ape
8: Copertura diffusa
9: Talee
10: Arbusti
11: Alberi
12: Gradonate
13: Viminate vive
14: Fascinate vive
15: Palizzate vive
16: Palificate reatine
17: Palificate spondali con fascine
18: Palificata viva doppia
19: Briglie in legname e pietrame
20: Canaletta legname e pietrame
21: Gabbioni rinverditi
22: Gabbioni cilindrici
23: Materassi
24: Materassi con talee
25: Terre rinforzate rinverdite
26: Scogliera con talee
27: Soglia in massi
28: Rampa di risalita
29: Graticciate micropali

Fig.17.4

Cantiere	**1**	**4**	**5**	**12**	**14**	**15**	**16**	**19**	**23**
Op.prev.	1	2	3	3	5	6	8	4	4
Op.real.	1	2	2	4		2	2	2	
Op.da real.		0	2	0		4	6	3	
Cantiere	**32**	**37**	**39**	**49**	**50**	**51**	**52**	**53**	
Op.prev.	5	6	4	4	13	12	4	3	
Op.real.	4		3	2		8	4	3	
Op.da real.	2		1	2		7			

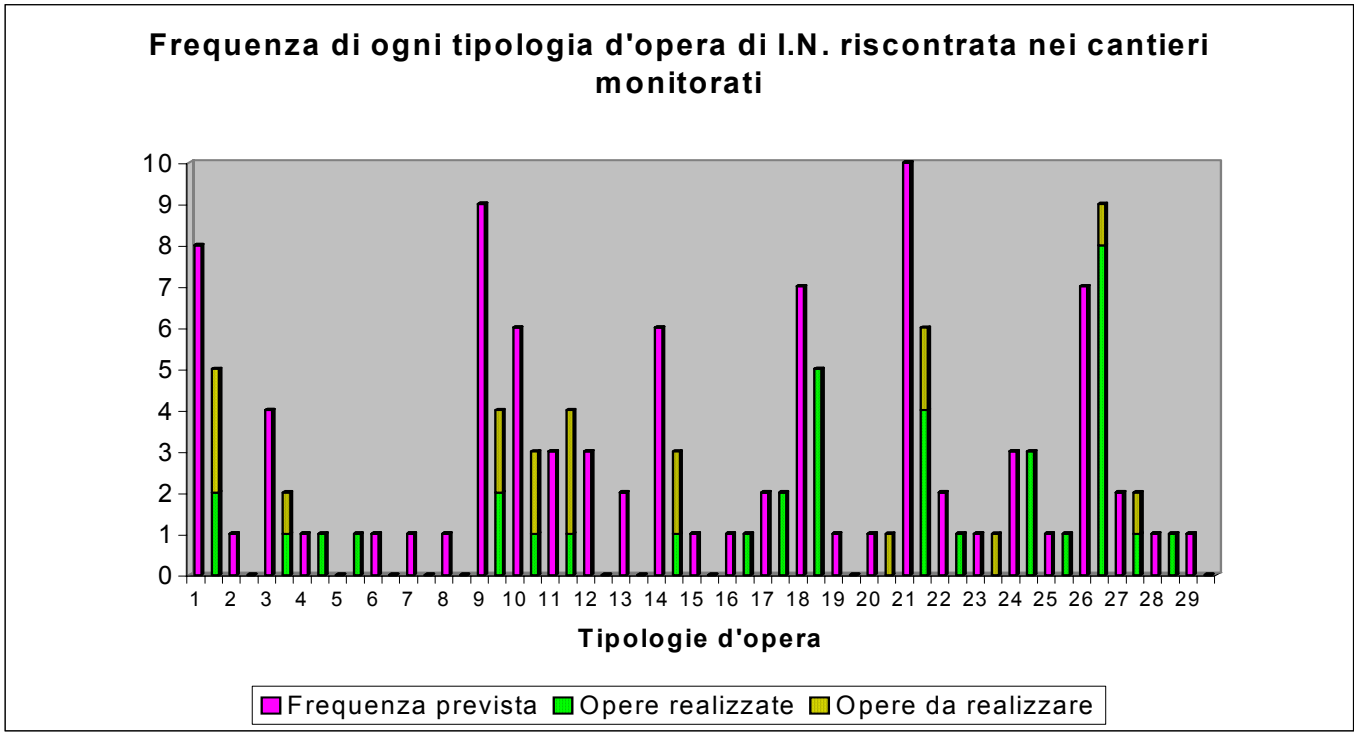


Cantieri:

1	Fiume Melfa (Atina)
4	Rio Mandrinello (Villa S. Lucia)
5	Rio Fontanelle (Cassino)
12	Rio Saetta (Cassino)
14	Frana Colle S.Sebastiano (Isola Liri)
15	Fiume Cosa (Alatri Frosinone)
16	Rio Inferno (Cassino)
19	Rio Valleluce (S.Elia Fiumerapido)
23	Rio Ascensione (Cassino Cervaro)
32	Fiume Sacco (Patrica)
37	Fosso Leona (Tarquinia)
39	Torrente Arrone (Tarquinia)
49	Fiume Velino (Antrodoco)
50	Frana Colle Melfa (Atina)
51	Regimaz.Idraul. (Rocca di Papa)
52	R.Grande Carpine (Affile)
53	T.Pontone T.S.Croce (Formia)

Fig. 17.5

Tipol.opera	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Freq. Prev.	8	1	4	1	0	1	1	1	9	6
Op.real.	2		1	1	1				2	1
Op.da real.	3		1	0					2	2
Tipol.opera	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
Freq. Prev.	3	3	2	6	1	1	2	7	1	1
Op.real.	1			1		1	2	5		0
Op.da real.	3			2		0	0	0		1
Tipol.opera	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	
Freq. Prev.	10	2	1	3	1	7	2	1	1	
Op.real.	4	1	0	3	1	8	1	1		
Op.da real.	2	0	1			1	1			



Tipologie d'opera:

1	Idrosemina
2	Idrosemina a spessore
3	Biostuoia cocco
4	Geostuoia tridimensionale sintetica
5	Geostuoia + rete metallica
6	Canal. biostuoia e rete zincata
7	Geocelle a nido d'ape
8	Copertura diffusa
9	Talee
10	Arbusti
11	Alberi
12	Gradonate
13	Viminate vive
14	Fascinate vive
15	Palizzate vive
16	Palificate reatine
17	Palificate spondali con fascine
18	Palificata viva doppia
19	Briglie in legname e pietrame
20	Canaletta legname e pietrame
21	Gabbioni rinverditi
22	Gabbioni cilindrici
23	Materassi
24	Materassi con talee
25	Terre rinforzate rinverdite
26	Scogliera con talee
27	Soglia in massi
28	Rampa di risalita
29	Graticciate micropali

Fig. 17.6

CANTIERE			Referente	I visita	II visita	III visita	IV visita	V visita	VI visita	VII visita	VIII visita	IX visita
52	*Affile*	*Rio Grande Carpine*	Pierluca Gaglioppa Giuseppe Puddu	27/11/1999	28/06/2000	12/07/2000	Ultimato 28/09/1999; Certificato 20/12/1999					
15	Alatri Frosinone	Fiume Cosa		27/11/1999	28/06/2000	12/07/2000	28/07/2000	21/09/2000	14/11/2000			
23	Cassino Cervaro	Rio Ascensione		20/12/1999	14/11/2000	24/10/2001						
53	Formia	Pontone; Santa Croce		20/12/1999	26/06/2001	24/10/2001						
32	Frosinone Patrica	Fiume Sacco		27/03/2000	28/06/2000	12/07/2000	14/11/2000					
37	Tarquinia	Fosso Leona		13/11/1999	04/05/2000							
39	Tarquinia	Torrente Arrone		13/11/1999	12/02/2000	04/05/2000	26/06/2000	09/08/2000				
49	Antrodoco Posta	Fiume Velino	Giuseppe Puddu	14/10/1999	04/12/1999	05/05/2000	13/07/2000	28/09/2000	14/10/2000	18/10/2000	28/10/2000	15/11/2000
50	Atina	Frana Colle Melfa	Annalisa Grassi	01/12/1999	18/02/2000	22/04/2000	24/06/2000	30/08/2000	13/09/2000	23/10/2001	01/12/2001	
1	*Atina Settignano*	*Fiume Melfa*		01/12/1999	18/02/2000	22/04/2000	24/06/2000	30/08/2000	13/09/2000	Ultimato 13/12/1999 Certificato 02/02/2000		
14	Isola Liri	Colle S. Sebastiano		01/12/1999	18/02/2000	22/04/2000	24/06/2000	30/08/2000	13/09/2000	01/12/2001		
16	Cassino	Rio Inferno	Paolo Prosperi	27/11/1999	06/10/1999	27/11/1999	18/01/2000	21/01/2000	23/10/2001			
5	Cassino	Rio Fontanelle		27/07/1999	18/01/2000	31/05/2000	14/11/2000	24/10/2001				
12	Cassino Cervaro	Rio Saetta		27/07/1999	06/10/1999	27/11/1999	18/01/2000	21/01/2000				
19	Sant'Elia Fiumerapido	Rio Valleluce		27/07/1999	06/10/1999	27/11/1999	18/01/2000	21/01/2000	23/10/2001	Ultimato 26/01/2000 Certificato 15/05/2000		
4	Villa Santa Lucia	Rio Mandrinello		27/11/1999	18/01/2000	21/01/2000	31/05/2000					
51	Rocca di Papa	Campi d'Annibale Pentima Stalla	Andrea Marazzi Alessandra Catena	20/01/1999	09/02/2000	25/07/2000	28/09/2000	26/10/2000	12/03/2001	05/05/2001	14/06/2001	30/10/2001

Visite al cantiere Ante Inizio lavori | A cantiere aperto | A cantiere concluso

N.B.: in corsivo cantieri conclusi prima della stipula della convenzione Regione Lazio – Università – Naturstudio

ORGANIZZAZIONE DEL CANTIERE	
PUNTI	**DESCRIZIONE**
1	Uso di attrezzature non idonee, cantiere non ben organizzato, squadre di operai non Coordinata
3	Attrezzature solo in parte idonee, cantiere ben organizzato solo per alcune fasi
5	Operai ben organizzati, attrezzature idonee, cantiere ben organizzato nel suo complesso

Punti	1	3	5
N°Opere con quei punti	1	15	22
Percentuale (%)	3	39	58

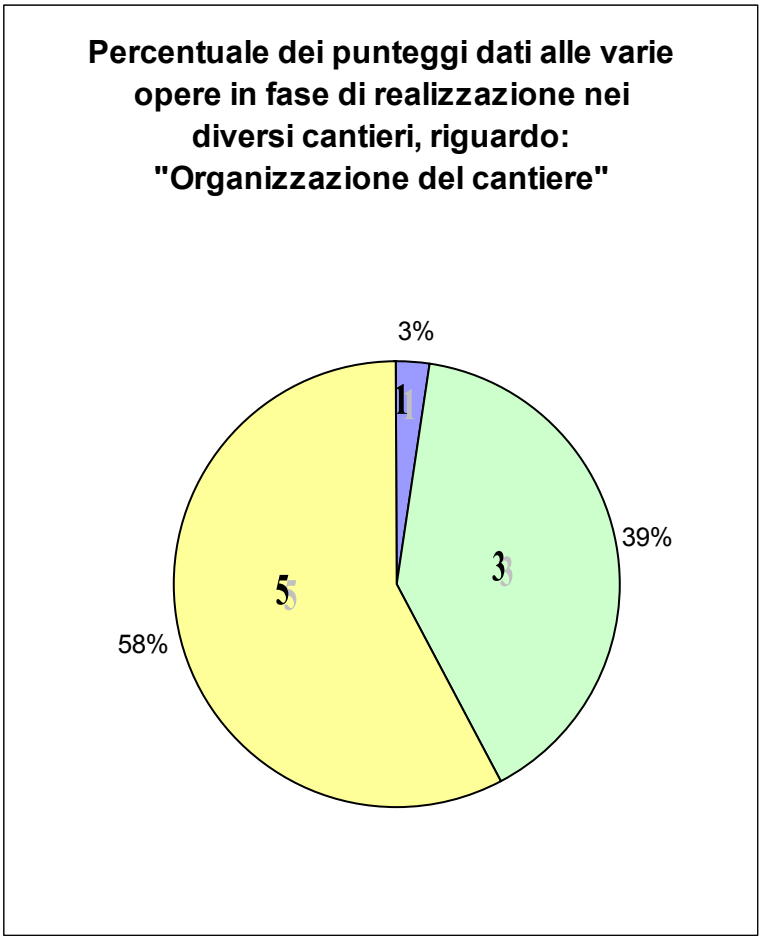


Diagramma 1

RISPONDENZA AL PROGETTO (QUALITA')	
PUNTI	**DESCRIZIONE**
1	Non rispondenza al progetto e/o mancanza di realizzazione di opere
2	Parziale rispondenza al progetto e/o con sostanziali modifiche peggiorative
3	Opera realizzata nel complesso secondo progetto senza modifiche sostanziali
4	Realizzazione effettuata secondo progetto
5	Realizzazione ottimale con dei miglioramenti

Punti	1	2	3	4	5
N°opere con quei punti	5	8	13	15	2
Percentuale %	12	19	30	34	5

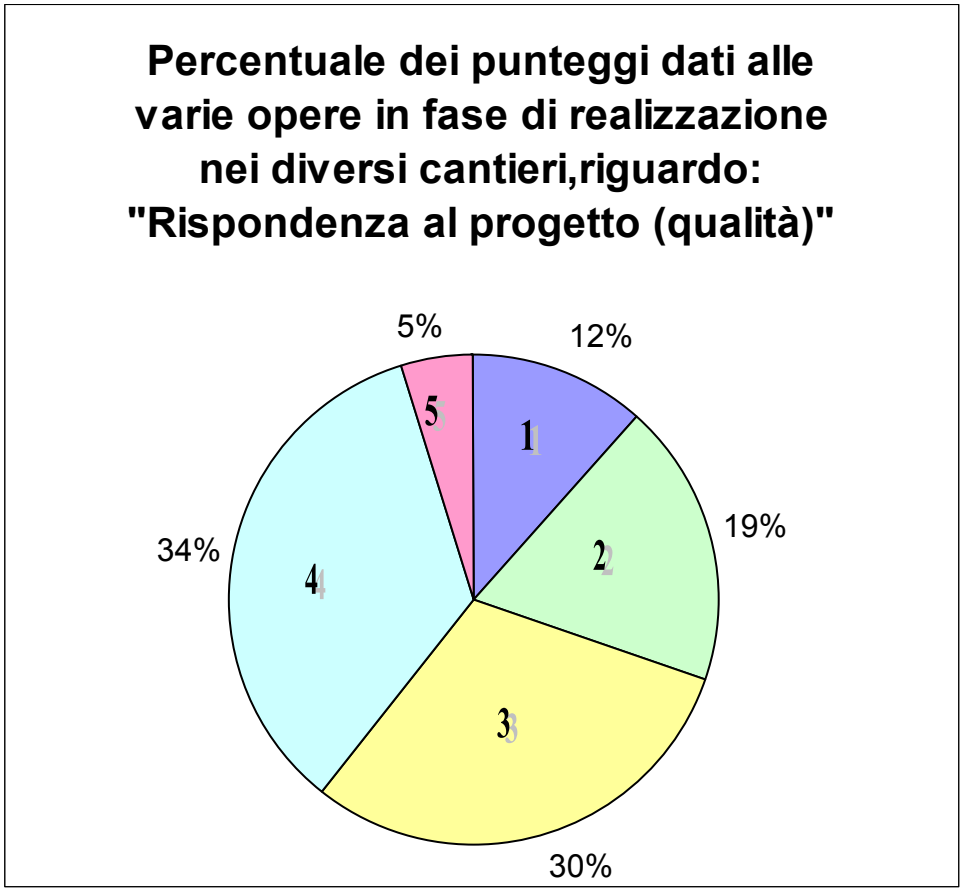


Diagramma 2

SICUREZZA	
PUNTI	**DESCRIZIONE**
1	Piano di sicurezza generico, non contenente specifiche per la realizzazione di opere in I.N.
3	Piano di sicurezza contenente solo alcune indicazioni per opere di I.N.
5	Piano di sicurezza contenente tutte le indicazioni per opere di I.N.

Punti	1	3	5
N°opere con quei punti	18	14	7
Percentuale (%)	46	36	18

Diagramma 3

REPERIBILITA' E DISPONIBILITA' DEI MATERIALI VEGETALI (TALEE)	
PUNTI	**DESCRIZIONE**
1	Reperibilità del materiale a distanze superiori ai 20 Km dal cantiere
3	Reperibilità del materiale a distanze comprese tra 5 e 20 Km dal cantiere
5	Reperibilità del materiale a distanze inferiori ai 5 Km dal cantiere

Punti	1	3	5
N°opere con quei punti	7	11	10
Percentuale (%)	25	36	39

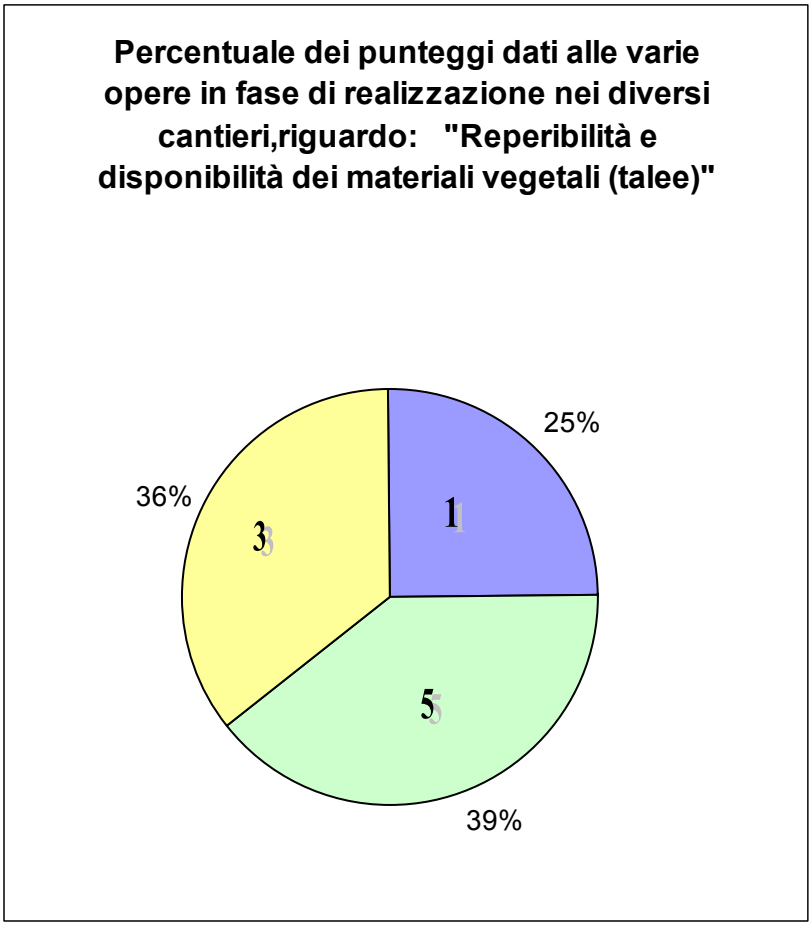


Diagramma 4

REPERIBILITA' E DISPONIBILITA' DEI MATERIALI VEGETALI (PIANTE)	
PUNTI	**DESCRIZIONE**
1	Reperibilità e disponibilità frazionata in moltissimi vivai e/o lontani
3	Reperibilità in un certo numero di vivai e/o per quantità limitate
5	Reperibilità e disponibilità in breve tempo in pochi vivai

Punti	1	3	5
N°opere con quei punti	0	5	4
Percentuale (%)	0	56	44

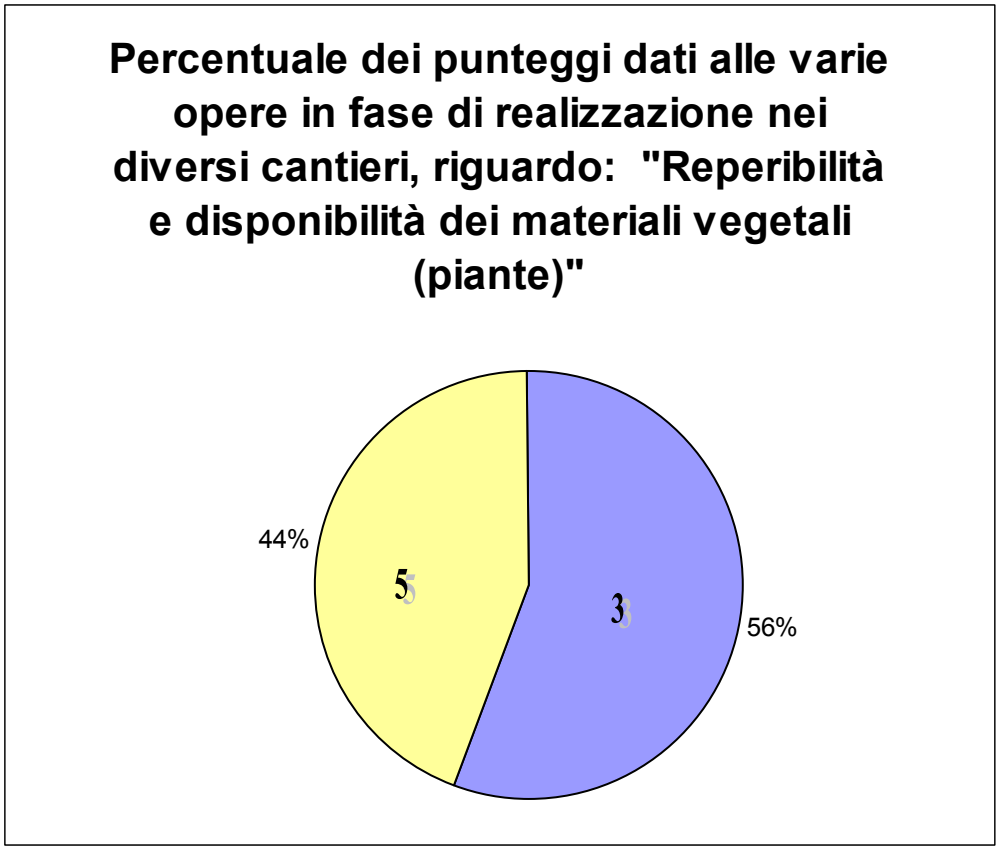


Diagramma 5

GESTIONE DEL MATERIALE VIVO DI NUOVO IMPIANTO	
PUNTI	**DESCRIZIONE**
1	Nessuna considerazione delle esigenze del materiale vivo che arriva in cantiere
3	Si prendono solo alcune precauzioni per la gestione del materiale vivo (es. luce o acqua)
5	Buona attenzione per ogni fattore al materiale che arriva

Punti	1	3	5
N°Opere con quei punti	8	14	6
Percentuale (%)	29	50	21

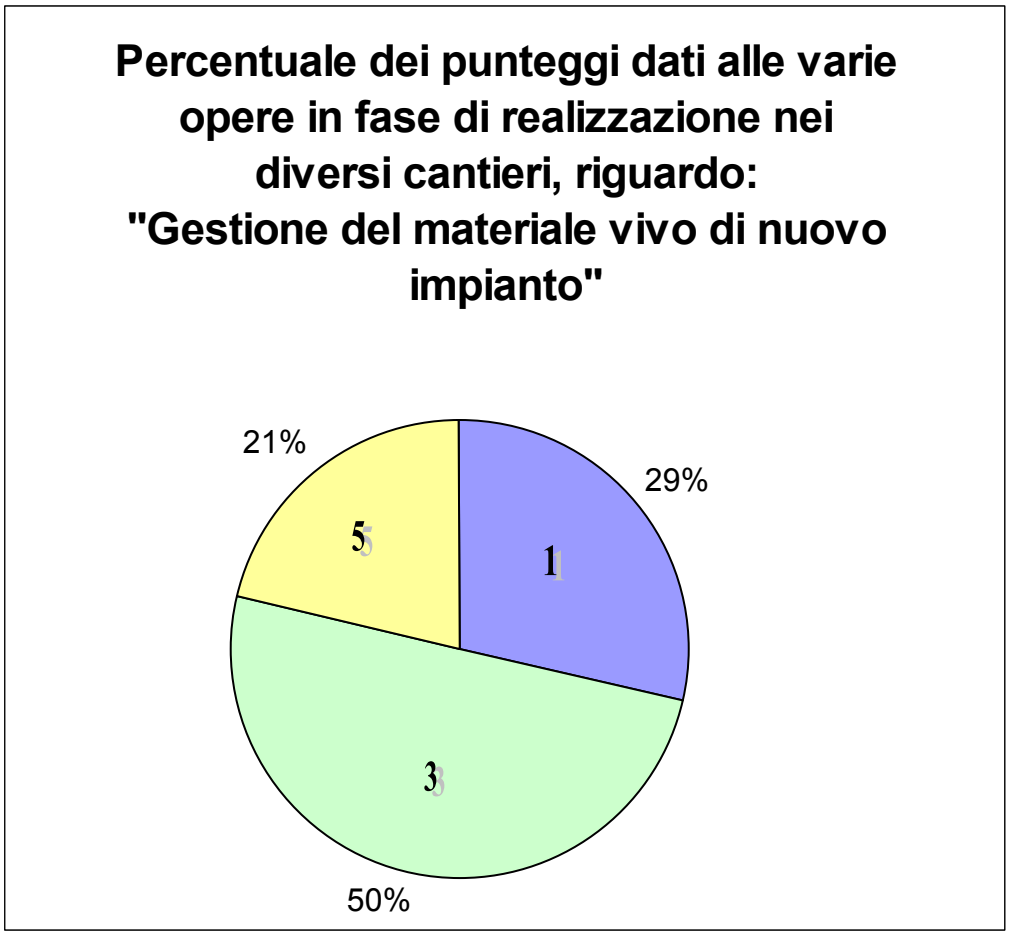


Diagramma 6

GESTIONE MATERIALE VEGETALE PREESISTENTE	
PUNTI	**DESCRIZIONE**
1	Nessuna considerazione del materiale preesistente al cantiere, utilizzazione pesante di mezzi meccanici, non riutilizzazione del materiale per la realizzazione delle opere
3	Tutela delle sole grosse piante preesistenti al cantiere, poca competenza nel rimettere correttamente in opera il materiale tagliato, rispetto formale del DPR del 14/4/93
5	Buna attenzione al materiale preesistente, ove possibile salvaguardia della vegetazione e reimpiego di quella abbattuta, rispetto sostanziale del DPR 14/4/93

Punti	1	3	5
N°Opere con quei punti	18	4	6
Percentuale (%)	65	14	21

Diagramma 7

SPECIE VEGETALI USATE	
PUNTI	**DESCRIZIONE**
1	Impiego prevalente di specie non autoctone
3	Impiego di specie prevalentemente autoctone con scarsa considerazione delle loro
	caratteristiche biotecniche
5	Specie autoctone con caratteristiche biotecniche idonee

Punti	1	3	5
N°Opere con quei punti	0	8	26
Percentuale (%)	0	24	76

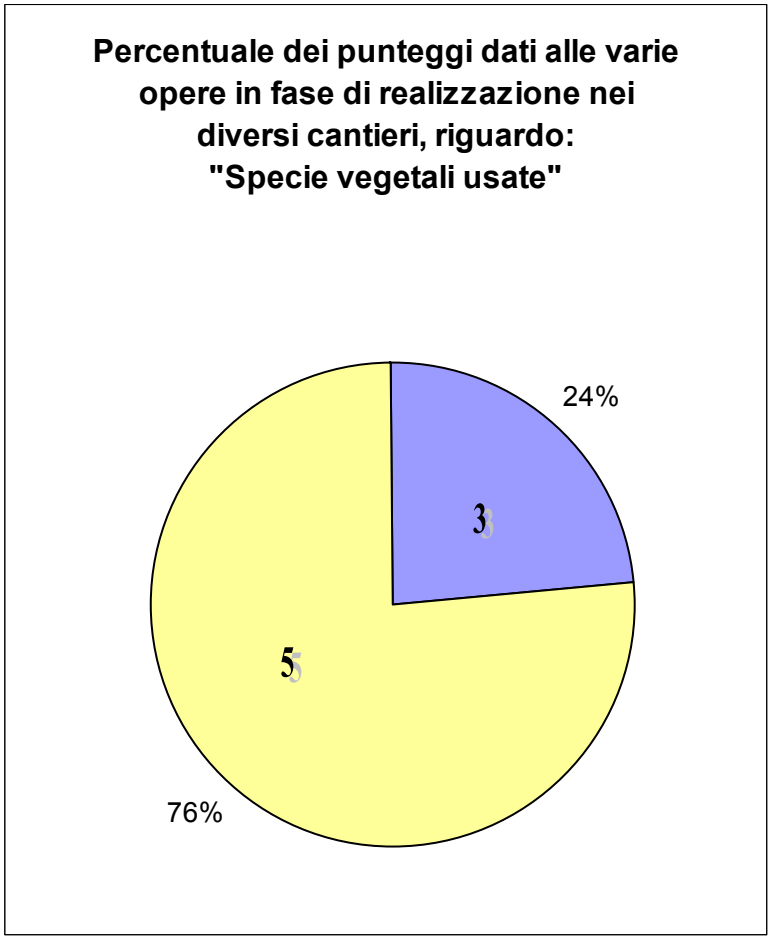


Diagramma 8

DIMENSIONI DEL MATERIALE LEGNOSO VIVO (PIANTE, TALEE, RAMAGLIA)	
PUNTI	**DESCRIZIONE**
1	Le dimensioni, la lunghezza e il diametro del materiale usato non sono adeguati
3	Le dimensioni, la lunghezza e il diametro del materiale usato sono parzialmente adeguati
5	Le dimensioni, la lunghezza e il diametro del materiale usato sono adeguati

Punti	1	3	5
N°Opere con quei punti	7	13	11
Percentuale (%)	23	42	35

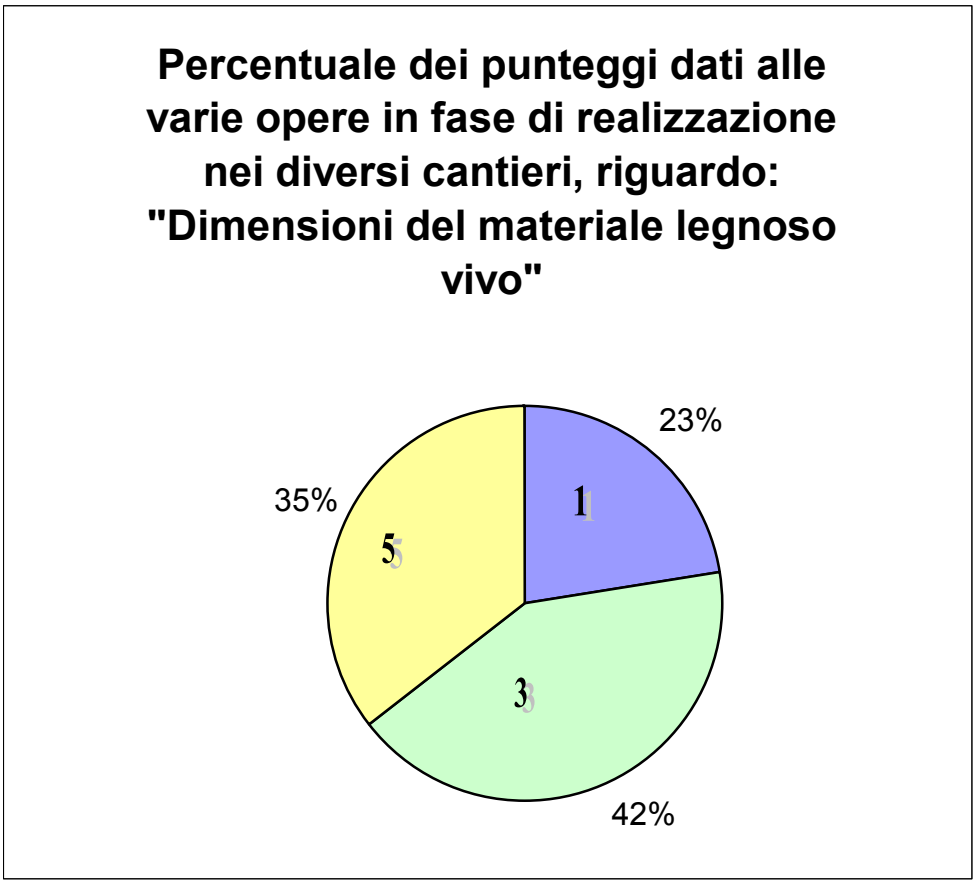


Diagramma 9

DIMENSIONI DEL MATERIALE LEGNOSO MORTO (PALERIA, ECC.)	
PUNTI	**DESCRIZIONE**
1	Le dimensioni, la lunghezza e il diametro del materiale usato non sono adeguati
3	Le dimensioni, la lunghezza e il diametro del materiale usato sono parzialmente adeguati
5	Le dimensioni, la lunghezza e il diametro del materiale usato sono adeguati

Punti	1	3	5
N°Opere con quei punti	0	3	8
Percentuale (%)	0	27	73

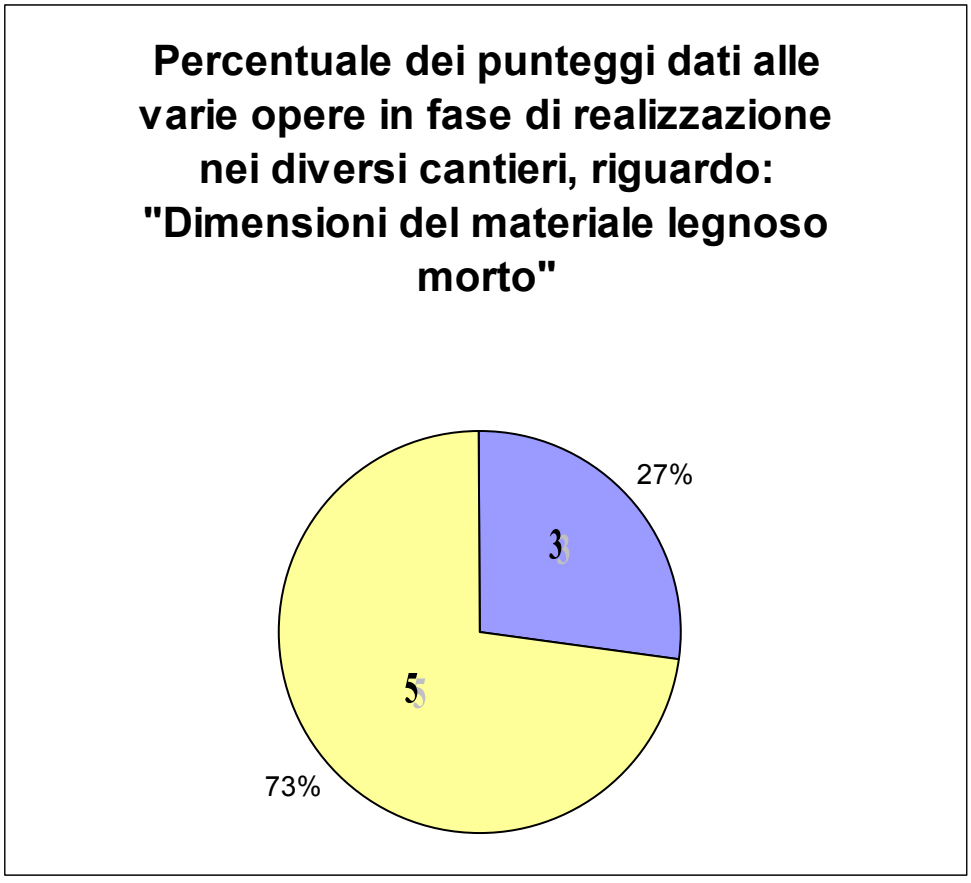


Diagramma 10

DIMENSIONI DEL MATERIALE FERROSO/ACCIAIOSO/LAPIDEO	
PUNTI	**DESCRIZIONE**
1	Le dimensioni, la lunghezza e il diametro del materiale usato non sono adeguati
3	Le dimensioni, la lunghezza e il diametro del materiale usato sono parzialmente adeguati
5	Le dimensioni, la lunghezza e il diametro del materiale usato sono adeguati

Punti	1	3	5
N°Opere con quei punti	0	9	20
Percentuale (%)	0	31	69

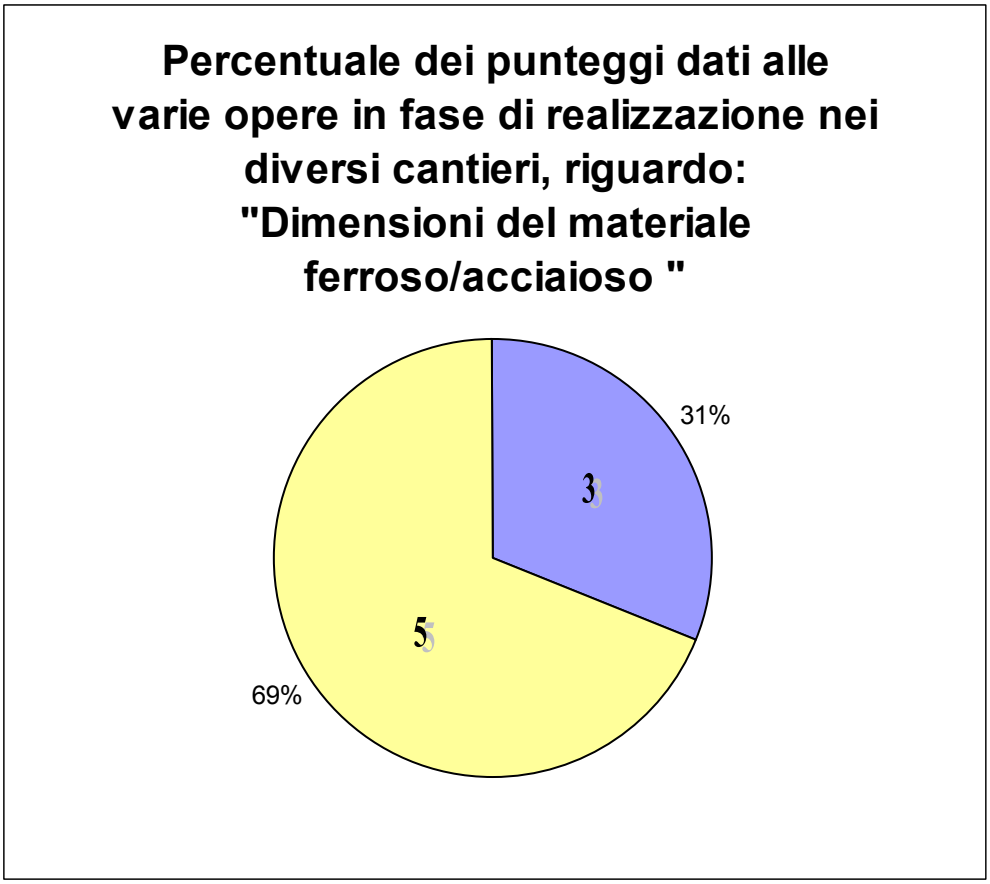


Diagramma 11

PERIODO DI IMPIANTO DELLE SPECIE VEGETALI	
PUNTI	**DESCRIZIONE**
1	Periodo stagionale inadatto
3	Periodo stagionale parzialmente adatto
5	Periodo stagionale adatto

Punti	1	3	5
N°Opere con quei punti	9	13	14
Percentuale (%)	25	36	39

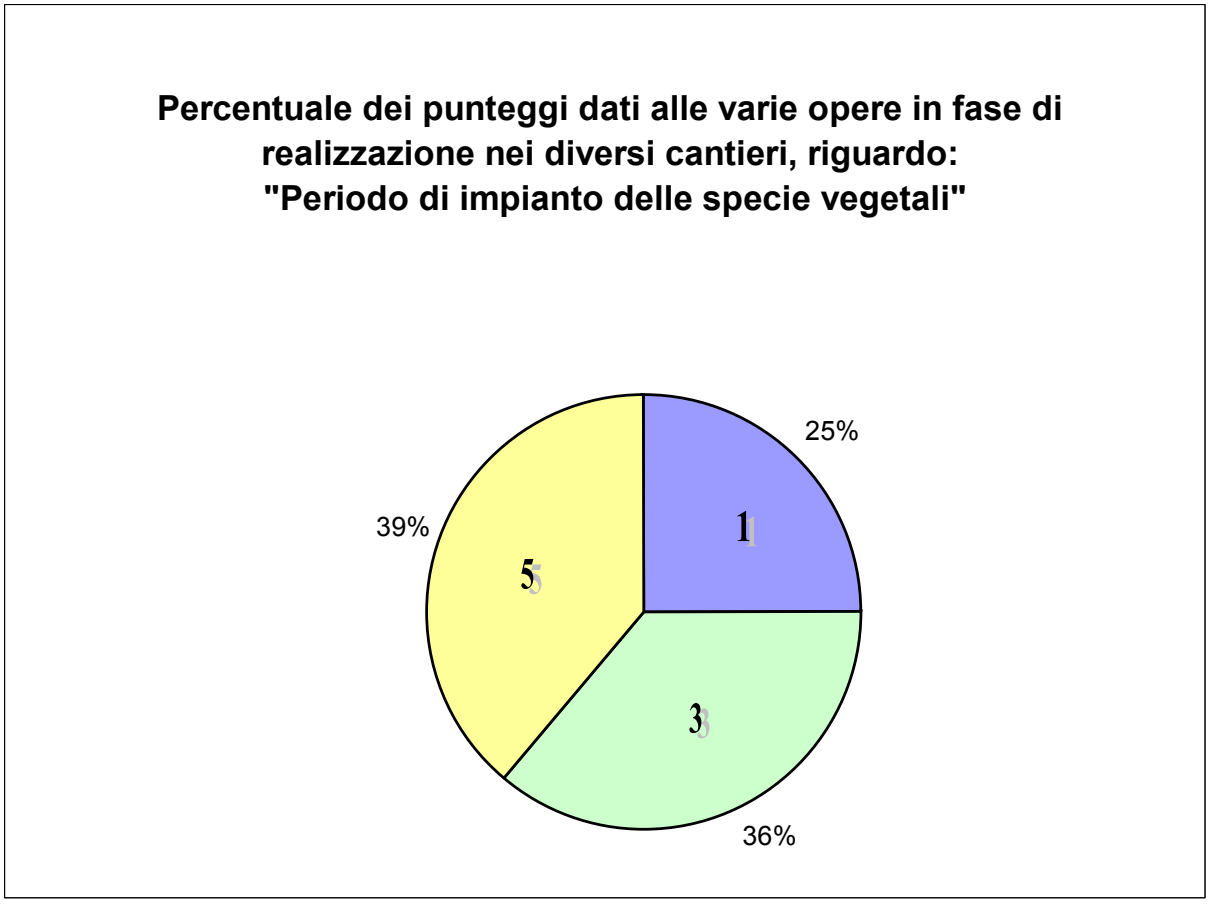


Diagramma 12

NUMERO DI OPERAI	
PUNTI	**DESCRIZIONE**
1	Gli operai sono insufficienti in numero e non specializzati
2	Gli operai sono insufficienti ma parzialmente specializzati
3	Il numero di operai non è sempre sufficiente, anche se specializzati per il tipo di lavoro svolto: un maggior numero di operai renderebbe il lavoro più scorrevole e meno gravoso
4	Gli operai sono sufficienti e parzialmente specializzati
5	Gli operai sono adeguati in numero e specializzati per il tipo di lavoro svolto

Punti	1	2	3	4	5
N°Opere con quei punti	6	3	2	26	1
Percentuale (%)	16	8	5	68	3

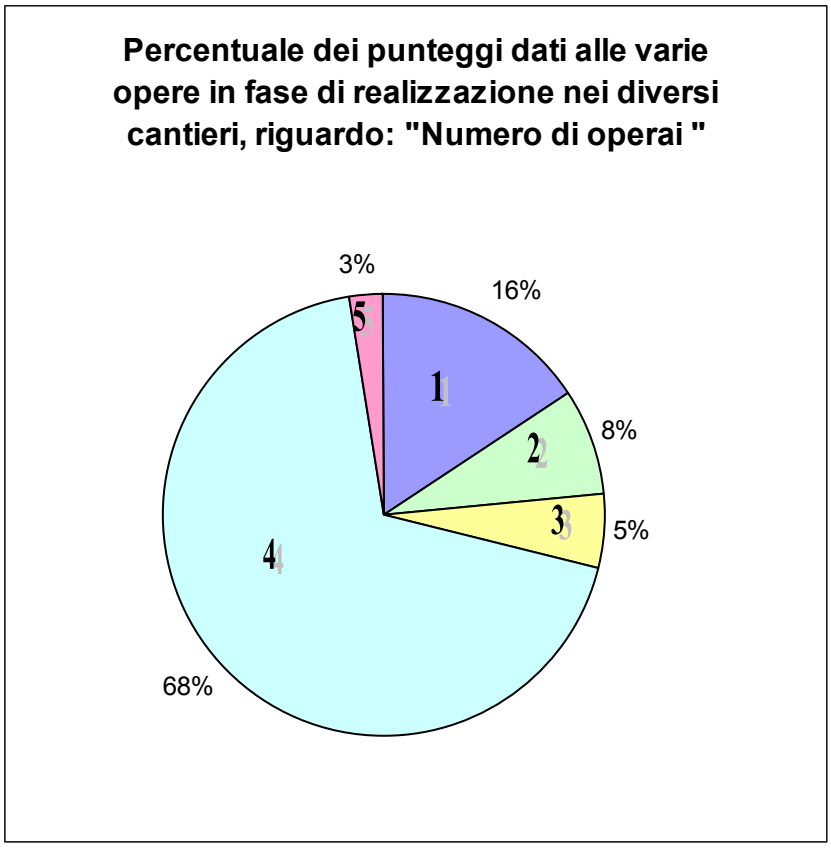


Diagramma 13

N°opere I.N.	1	2	3	4	5	6	8	12	13
N°can. aventi quel n° di opere di I.N.	1	1	3	5	2	2	1	1	1
%cantieri con quel n°opere	6	6	18	28	12	12	6	6	6

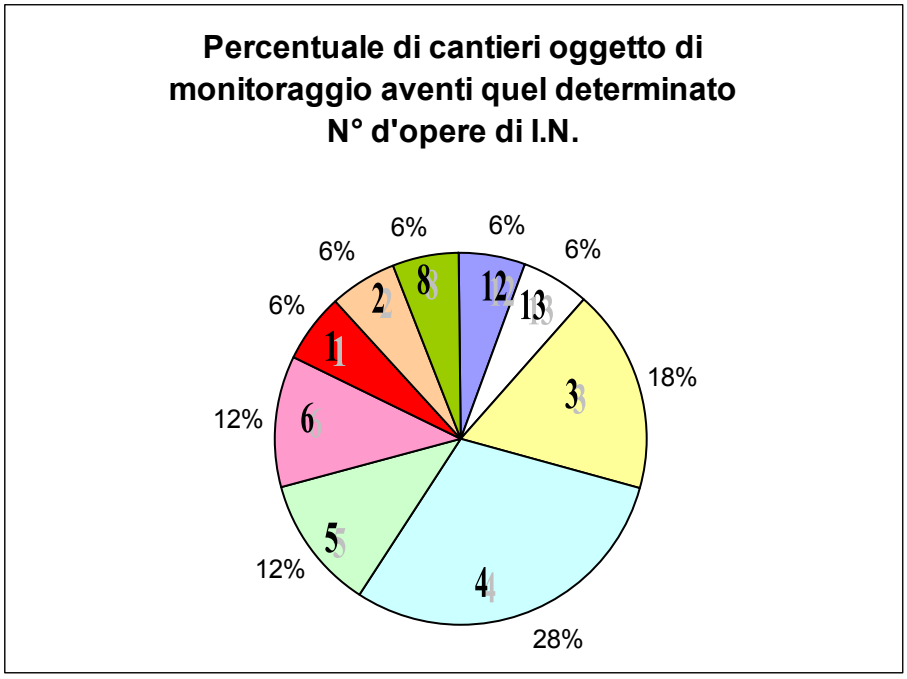


Diagramma 14

	Salix spp.	Salix eleagnos	Salix purpurea	Salix cinerea	Salix alba	Spartium junceum	Celtis australis	Populus nigra
Frequenza	3	2	4	1	2	1	1	1
%	20	13	26	7	13	7	7	7

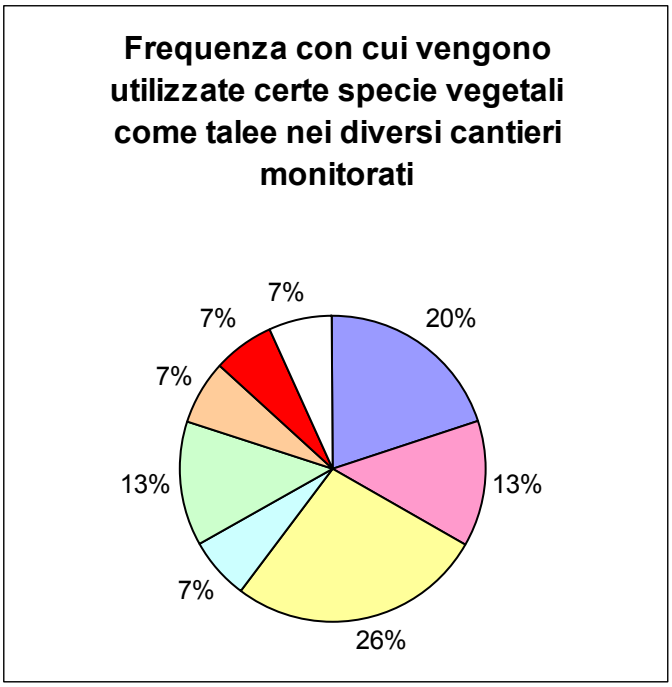


Diagramma 15

N°opere di I.N.	Classe	%
18	10	42
8	9	19
6	8	14
4	7	9
5	6	12
1	5	2
1	4	2

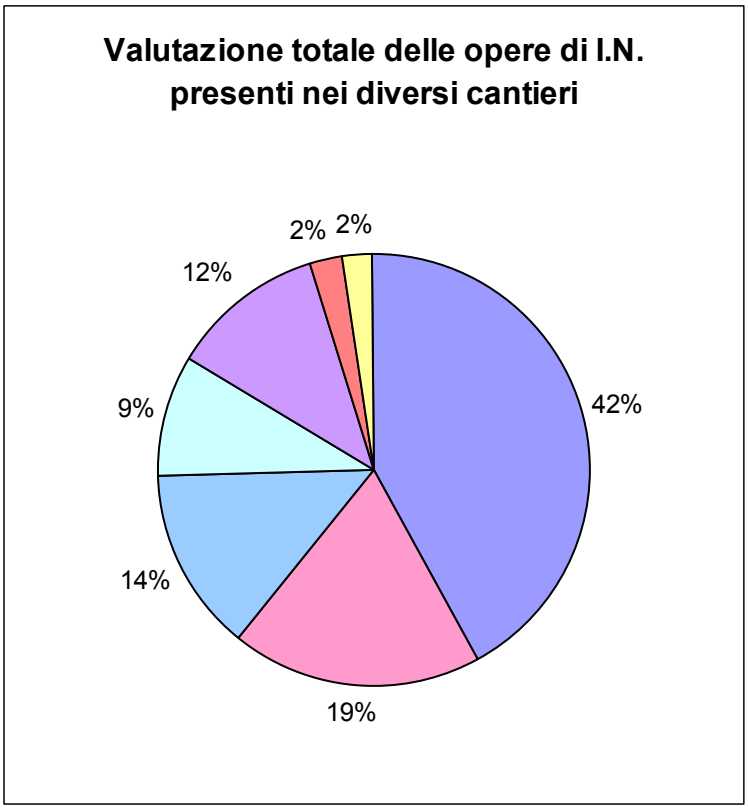


Diagramma 16

	Classe			
	10	**9**	**8**	**6**
N° di palificate vive doppie	4	1	1	1
Percentuale	58	14	14	14

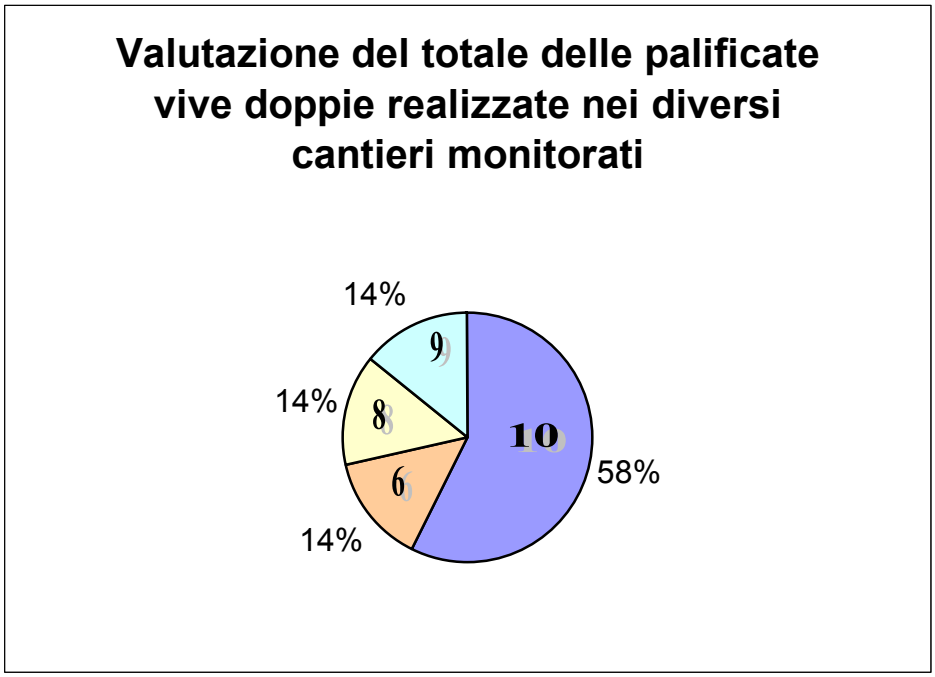


Diagramma 17

con la collaborazione di:
T. Falessi, P. Gaglioppa, A. Marazzi, C. Milanese, P. Prosperi, G. Puddu

Scheda di monitoraggio *ANTE OPERAM*

Località	
Progetto n°	Data rilevamento
Rilevatore/i	
Tel.	Fax
E-mail	

Parte 1: dati di progetto	
Nome e cognome del progettista	
Contatto col progettista per chiarimenti	
Contatto col direttore dei lavori per chiarimenti e tempistica dei lavori	

Altitudine sul livello del mare
Allineamento tratto considerato corso d'acqua *(es. N-S)*
Rif. Carta Fitoclimatica del Lazio
Geologia sponde
Geomorfologia – fenomeni di erosione in atto e sensibili *(riporto materiali)*
Velocità corrente (m/s)
Scabrezza idraulica (stimata)
Temperatura *media*, *min*, *max* annua ( ) e mensili:

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
min												
med												
max												

Precipitazione *media*, *min, max* annua ( ) e mensili curva di possibilità pluviometrica $h = a\, t^n T_r^m$
Umidità *media*, *min, max* annua ( ) e mensili:
Classi percentuali di pendenza dei versanti: 0-15 15-25 25-35 35-50 50-75 >75
Geometria della sezione
Pendenza del fondo per un tratto a monte/valle di minimo 50 m e max 5-10 volte la larghezza dell'alveo

Oscillazioni mensili della portata											
Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic

Portata minima
Periodo di secca *(se presente)*
Portata media
Portata massima assoluta
Portate storiche
Frequenza Tr = 2 20 100 200 500 anni
Angolo d'attrito interno e coesione delle sponde

Trazione al fondo
Trazione sulle sponde
Diametro del trasporto solido: d_{50} d_{75} d_{100}
Bibliografia esistente

Parte 2: caratteristiche dell'impresa esecutrice
Denominazione ditta e sede legale
Titolare *(nome e cognome, data di nascita, località)*
Titolo di studio
Ex Registro A.N.C.
Fatturato degli ultimi tre anni

Anni di attività	nel settore I.N.
	nelle sistemazioni idrauliche
	nella provincia
Consistenza del personale della ditta	appaltatrice
	subappaltatrice

L'azienda si avvale di collaborazioni tecniche/operative di altre aziende per lo svolgimento di specifiche mansioni a supporto della propria attività?

(*) se Sì indicare con quali figure professionali: (Ing., Geom., Per.)

(**) tipo di collaborazione: (permanente) (occasionale)

	NO	SI (*)	Tipo di collaborazione (**)
Per la progettazione			
Per la direzione lavori			
Per la sicurezza			
Per l'assistenza alla direzione lavori			
Per altre attività			

Attività svolta dal titolare oltre a quella amministrativa *(barrare):*

	permanente	occasionale
progettazione		
direzione lavori		
direzione (tecnica) dei lavori		
responsabile sicurezza		

Parte 3: allegato della sezione tipo n°		
Tipologia d'opera di IN (gabbionata ecc.)		
Rif.: (planimetria allegata)		SCALA:
Foto da monte n°		
Foto da valle n°		
Foto frontale delle due sponde nn[i]		
Commenti sulle scelte di progetto:		

Trasporto solido (∅ cm) Presenza di massi (∅ cm)	***Da rilevamento***	***Da progetto***	
Pendenze dell'alveo			‰
Pendenza della sponda sinistra			gradi sull'orizzontale
Pendenza della sponda destra			
Larghezza reale della sezione			metri
Altezza sponde			

Monitoraggio sezione: singoli alberi e arbusti presenti in alveo	

Presenze vegetali circostanti: ***(specie, h, copertura rada, fitta, colma)***

Alberi	
Arbusti	
Erbacee	

Valutazione sulla naturalità:

Alta	
Media	
Bassa	

Esistenza fasce ripariali arboree (*salici, pioppi, ontani*) **stima della loro larghezza** (*<5m; tra 5-10m; >10m*)**, naturalità**

Uso del suolo al contorno *(ambo i lati)*

Litologia sponde	

VEDI SCALA DI VALUTAZIONE

Scala di valutazione sulla naturalità dei luoghi (scheda *ante operam*)
Alta: presenza di vegetazione arborea ed arbustiva pluristratificata su fascia vegetata o in soprassuolo forestale o prevalenza di specie autoctone
Media: prevalenza di vegetazione arbustiva con residui di vegetazione arborea a prevalenza di specie autoctone
Bassa: prevalenza di vegetazione erbacea confinante con aree coltivate e/o urbanizzate

SCHEDA DI MONITORAGGIO IN CORSO D' OPERA **DATA:**

COMUNE: **CANTIERE:** **Rif. OPERA:**

	Organizzazione del cantiere	Rispondenza al progetto (qualità)	Sicurezza	Reperibilità e disponibilità materiale vegetale (talee)	Reperibilità e disponibilità materiale vegetale	Gestione materiale vivo di nuovo impianto	Gestione materiale vegetale preesistente	Specie vegetali usate	Dimensioni del materiale legnoso vivo	Dimensioni del materiale legnoso morto	Dimensioni del materiale ferroso/acciaioso	Periodo di impianto delle specie vegetali	Numero di operai (medio)	Punteggio totale
Palificata viva doppia														
Gradonata														
Idrosemina														
Idrosemina a spessore														
Biostuoia di cocco/etc.														
Geostuoia tridimensionale sintetica														
Geostuoia + rete metallica														
Canaletta biostuoia e rete zincata														
Geocelle a nido d'ape														
Talee														
Arbusti														
Alberi														
Palizzata viva														
Gabbioni rinverditi														
Fascinata viva														
Briglie in legname e pietrame														
Viminata viva														
Copertura diffusa														
Terra rinforzata rinverdita														
Graticciate micropali														
Canaletta in legno e pietre														
Palificata reatina														
Gabbioni cilindrici														
Palificata spondale con fascine														
Materassi														
Materassi con talee														
Scogliera con talee														
Soglia in massi														
Rampa di risalita														

NOTE

Scheda di monitoraggio *IN OPERA*

Località		
Progetto n°		Data rilevamento
Altitudine	Esposizione	Rif.: *(planimetria allegata)*
Nome rilevatore		
Tel.	Fax	
E-mail		

Progettisti	
DL	Assistente alla DL
Direttore tecnico dell'impresa	
Ditta/e esecutrice/i:	
Via	Città
Tel./Fax	
Subappaltatori	Subappaltatori

Data inizio e fine cantiere (da contratto)
Eventuali interruzioni del cantiere, loro motivazioni e durata
Periodo complessivo in cui si è effettuato l'impianto delle talee: dalla ° alla ° sett.
Periodo complessivo in cui si è effettuato l'impianto delle piante: dalla ° alla ° sett.
Imprevisti: Eventuali eventi meteorici successivi alla data di consegna del progetto: Altro:

Mezzi meccanici in cantiere *(indicare con un * se a noleggio)*					
Escavatore cingolato		Mini verricello		Camion ……..	
Pala gommata		Gru a cavo		Altro	
Terna		Motosega			
Ragno		Trapano			
Trattore		Compressore			
Idroseminatrice		Motogeneratore			

Specie vegetali usate

Piante radicate *Inserire copia bolla di accompagnamento (vedi su contratto specie, età, Ø, h)*			Talee *specie e dimensioni medie*		

SCALE DI VALUTAZIONE

ORGANIZZAZIONE DEL CANTIERE	
PUNTI	**DESCRIZIONE**
1	uso di attrezzature non idonee, cantiere non ben organizzato, squadra di operai non coordinata
3	attrezzature solo in parte idonee, cantiere ben organizzato solo per alcune fasi
5	operai ben organizzati, attrezzature idonee, cantiere ben organizzato nel suo complesso

RISPONDENZA AL PROGETTO (QUALITA')	
PUNTI	**DESCRIZIONE**
1	non rispondenza al progetto e/o mancanza di realizzazione di opere
2	parziale rispondenza al progetto e/o con sostanziali modifiche peggiorative
3	opera realizzata nel complesso secondo progetto senza modifiche sostanziali
4	realizzazione effettuata secondo progetto
5	realizzazione ottimale con dei miglioramenti

SICUREZZA	
PUNTI	**DESCRIZIONE**
1	piano di sicurezza generico, non contenente specifiche per la realizzazione di opere di IN
3	piano di sicurezza contenente solo alcune indicazioni per opere di IN
5	piano di sicurezza contenente tutte le indicazioni per opere di IN

REPERIBILITA' E DISPONIBILITA' DEI MATERIALI VEGETALI (TALEE)	
PUNTI	**DESCRIZIONE**
1	reperibilità del materiale a distanze superiori ai 20 km dal cantiere
3	reperibilità del materiale a distanze comprese tra 5 e 20 km dal cantiere
5	reperibilità del materiale a distanze inferiori ai 5 km dal cantiere

REPERIBILITA' E DISPONIBILITA' DEI MATERIALI VEGETALI (PIANTE)	
PUNTI	**DESCRIZIONE**
1	reperibilità e disponibilità frazionata in moltissimi vivai e/o lontani
3	reperibilità in un certo numero di vivai e/o per quantità limitate
5	reperibilità e disponibilità in breve tempo in pochi vivai

GESTIONE DEL MATERIALE VIVO DI NUOVO IMPIANTO	
PUNTI	**DESCRIZIONE**
1	nessuna considerazione delle esigenze del materiale vivo che arriva in cantiere
3	si prendono solo alcune precauzioni per la gestione del materiale vivo (es. luce o acqua)
5	buona attenzione per ogni fattore al materiale che arriva

GESTIONE MATERIALE VEGETALE PREESISTENTE	
PUNTI	**DESCRIZIONE**
1	nessuna considerazione del materiale preesistente al cantiere, utilizzazione pesante di mezzi meccanici, non riutilizzazione del materiale per la realizzazione delle opere
3	tutela delle sole grosse piante preesistenti al cantiere, poca competenza nel rimettere correttamente in opera il materiale tagliato, rispetto formale del DPR del 14/4/93
5	buona attenzione al materiale preesistente, ove possibile salvaguardia della vegetazione e reimpiego di quella abbattuta, rispetto sostanziale del DPR 14/4/93

SPECIE VEGETALI USATE	
PUNTI	**DESCRIZIONE**
1	impiego prevalente di specie non autoctone
3	impiego di specie prevalentemente autoctone con scarsa considerazione delle loro caratteristiche biotecniche
5	specie autoctone con caratteristiche biotecniche idonee

DIMENSIONI DEL MATERIALE LEGNOSO VIVO (PIANTE, TALEE, RAMAGLIA)	
PUNTI	**DESCRIZIONE**
1	le dimensioni, la lunghezza e il diametro del materiale usato non sono adeguati
3	le dimensioni, la lunghezza e il diametro del materiale usato sono parzialmente adeguati
5	le dimensioni, la lunghezza e il diametro del materiale usato sono adeguati

DIMENSIONI DEL MATERIALE LEGNOSO MORTO (PALERIA, ECC.)	
PUNTI	**DESCRIZIONE**
1	le dimensioni, la lunghezza e il diametro del materiale usato non sono adeguati
3	le dimensioni, la lunghezza e il diametro del materiale usato sono parzialmente adeguati
5	le dimensioni, la lunghezza e il diametro del materiale usato sono adeguati

DIMENSIONI DEL MATERIALE FERROSO/ACCIAIOSO	
PUNTI	**DESCRIZIONE**
1	le dimensioni, la lunghezza e il diametro del materiale usato non sono adeguati
3	le dimensioni, la lunghezza e il diametro del materiale usato sono parzialmente adeguati
5	le dimensioni, la lunghezza e il diametro del materiale usato sono adeguati

PERIODO DI IMPIANTO DELLE SPECIE VEGETALI	
PUNTI	**DESCRIZIONE**
1	periodo stagionale inadatto
3	periodo stagionale parzialmente adatto
5	periodo stagionale adatto

NUMERO DI OPERAI	
PUNTI	**DESCRIZIONE**
1	gli operai sono insufficienti in numero e non specializzati
2	gli operai sono insufficienti ma parzialmente specializzati
3	il numero di operai non è sempre sufficiente, anche se specializzati per il tipo di lavoro svolto: un maggior numero di operai renderebbe il lavoro più scorrevole e meno gravoso
4	gli operai sono sufficienti e parzialmente specializzati
5	gli operai sono adeguati in numero e specializzati per il tipo di lavoro svolto

PROMEMORIA

- Il Ø dei chiodi è 12-14 (16) mm, l'h (espressa in cm) è poco meno del doppio del diametro.

- Il Ø dei tondini per viminate ecc. è 18-24 mm;
- Il Ø dei tondini per palificate, cordonate ecc. è 26-32 mm;
- Putrelle 8-16 cm;

La loro altezza dipende dalla resistenza opposta dal terreno.

- Distanze tra i picchetti da 18-24: uno ogni 70-80 cm
- Distanze tra i picchetti da 26-32: uno ogni 100 cm
- Distanze tra le putrelle: una ogni 120-150 cm

Scheda di monitoraggio *ANTE OPERAM*

Località	
Progetto n°	Data rilevamento
Rilevatore/i	
Tel.	Fax
E-mail	

Parte 1: dati di progetto	
Nome e cognome del progettista	
Contatto col progettista per chiarimenti	
Contatto col direttore dei lavori per chiarimenti e tempistica dei lavori	

Altitudine sul livello del mare
Allineamento tratto considerato corso d'acqua *(es. N-S)*
Rif. Carta Fitoclimatica del Lazio
Geologia sponde
Geomorfologia – fenomeni di erosione in atto e sensibili *(riporto materiali)*
Velocità corrente (m/s)
Scabrezza idraulica (stimata)
Temperatura *media*, *min*, *max* annua ( ) e mensili:

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
min												
med												
max												

Precipitazione *media*, *min, max* annua ( ) e mensili curva di possibilità pluviometrica $h = a\, t^n T_r^m$
Umidità *media*, *min, max* annua ( ) e mensili:
Classi percentuali di pendenza dei versanti: 0-15 15-25 25-35 35-50 50-75 >75
Geometria della sezione
Pendenza del fondo per un tratto a monte/valle di minimo 50 m e max 5-10 volte la larghezza dell'alveo

Oscillazioni mensili della portata											
Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic

Portata minima
Periodo di secca *(se presente)*
Portata media
Portata massima assoluta
Portate storiche
Frequenza Tr = 2 20 100 200 500 anni
Angolo d'attrito interno e coesione delle sponde

Trazione al fondo
Trazione sulle sponde
Diametro del trasporto solido: d_{50} d_{75} d_{100}
Bibliografia esistente

Parte 2: caratteristiche dell'impresa esecutrice
Denominazione ditta e sede legale
Titolare *(nome e cognome, data di nascita, località)*
Titolo di studio
Ex Registro A.N.C.
Fatturato degli ultimi tre anni

Anni di attività	nel settore I.N.
	nelle sistemazioni idrauliche
	nella provincia
Consistenza del personale della ditta	appaltatrice
	subappaltatrice

L'azienda si avvale di collaborazioni tecniche/operative di altre aziende per lo svolgimento di specifiche mansioni a supporto della propria attività?

(*) se Sì indicare con quali figure professionali: (Ing., Geom., Per.)

(**) tipo di collaborazione: (permanente) (occasionale)

	NO	SI (*)	Tipo di collaborazione (**)
Per la progettazione			
Per la direzione lavori			
Per la sicurezza			
Per l'assistenza alla direzione lavori			
Per altre attività			

Attività svolta dal titolare oltre a quella amministrativa *(barrare):*

	permanente	occasionale
progettazione		
direzione lavori		
direzione (tecnica) dei lavori		
responsabile sicurezza		

Parte 3: allegato della sezione tipo n°		
Tipologia d'opera di IN (gabbionata ecc.)		
Rif.: (planimetria allegata)		SCALA:
Foto da monte n°		
Foto da valle n°		
Foto frontale delle due sponde nn[i]		
Commenti sulle scelte di progetto:		

Trasporto solido (∅ cm) Presenza di massi (∅ cm)	***Da rilevamento***	***Da progetto***	
Pendenze dell'alveo			‰
Pendenza della sponda sinistra			gradi sull'orizzontale
Pendenza della sponda destra			
Larghezza reale della sezione			metri
Altezza sponde			

Monitoraggio sezione: singoli alberi e arbusti presenti in alveo	

Presenze vegetali circostanti: ***(specie, h, copertura rada, fitta, colma)***

Alberi	
Arbusti	
Erbacee	

Valutazione sulla naturalità:

Alta	
Media	
Bassa	

Esistenza fasce ripariali arboree (*salici, pioppi, ontani*) **stima della loro larghezza** (*<5m; tra 5-10m; >10m*)**, naturalità**

Uso del suolo al contorno *(ambo i lati)*

Litologia sponde	

VEDI SCALA DI VALUTAZIONE

Scala di valutazione sulla naturalità dei luoghi (scheda *ante operam*)
Alta: presenza di vegetazione arborea ed arbustiva pluristratificata su fascia vegetata o in soprassuolo forestale o prevalenza di specie autoctone
Media: prevalenza di vegetazione arbustiva con residui di vegetazione arborea a prevalenza di specie autoctone
Bassa: prevalenza di vegetazione erbacea confinante con aree coltivate e/o urbanizzate

SCHEDA DI MONITORAGGIO IN CORSO D' OPERA **DATA:**

COMUNE: **CANTIERE:** **Rif. OPERA:**

	Organizzazione del cantiere	Rispondenza al progetto (qualità)	Sicurezza	Reperibilità e disponibilità materiale vegetale (talee)	Reperibilità e disponibilità materiale vegetale	Gestione materiale vivo di nuovo impianto	Gestione materiale vegetale preesistente	Specie vegetali usate	Dimensioni del materiale legnoso vivo	Dimensioni del materiale legnoso morto	Dimensioni del materiale ferroso/acciaioso	Periodo di impianto delle specie vegetali	Numero di operai (medio)	Punteggio totale
Palificata viva doppia														
Gradonata														
Idrosemina														
Idrosemina a spessore														
Biostuoia di cocco/etc.														
Geostuoia tridimensionale sintetica														
Geostuoia + rete metallica														
Canaletta biostuoia e rete zincata														
Geocelle a nido d'ape														
Talee														
Arbusti														
Alberi														
Palizzata viva														
Gabbioni rinverditi														
Fascinata viva														
Briglie in legname e pietrame														
Viminata viva														
Copertura diffusa														
Terra rinforzata rinverdita														
Graticciate micropali														
Canaletta in legno e pietre														
Palificata reatina														
Gabbioni cilindrici														
Palificata spondale con fascine														
Materassi														
Materassi con talee														
Scogliera con talee														
Soglia in massi														
Rampa di risalita														

NOTE

Scheda di monitoraggio *IN OPERA*

Località		
Progetto n°		Data rilevamento
Altitudine	Esposizione	Rif.: *(planimetria allegata)*
Nome rilevatore		
Tel.	Fax	
E-mail		

Progettisti	
DL	Assistente alla DL
Direttore tecnico dell'impresa	
Ditta/e esecutrice/i:	
Via	Città
Tel./Fax	
Subappaltatori	Subappaltatori

Data inizio e fine cantiere (da contratto)
Eventuali interruzioni del cantiere, loro motivazioni e durata
Periodo complessivo in cui si è effettuato l'impianto delle talee: dalla ° alla ° sett.
Periodo complessivo in cui si è effettuato l'impianto delle piante: dalla ° alla ° sett.
Imprevisti: Eventuali eventi meteorici successivi alla data di consegna del progetto: Altro:

Mezzi meccanici in cantiere *(indicare con un * se a noleggio)*					
Escavatore cingolato		Mini verricello		Camion ……..	
Pala gommata		Gru a cavo		Altro	
Terna		Motosega			
Ragno		Trapano			
Trattore		Compressore			
Idroseminatrice		Motogeneratore			

Specie vegetali usate

Piante radicate *Inserire copia bolla di accompagnamento (vedi su contratto specie, età, Ø, h)*			Talee *specie e dimensioni medie*		

SCALE DI VALUTAZIONE

ORGANIZZAZIONE DEL CANTIERE	
PUNTI	**DESCRIZIONE**
1	uso di attrezzature non idonee, cantiere non ben organizzato, squadra di operai non coordinata
3	attrezzature solo in parte idonee, cantiere ben organizzato solo per alcune fasi
5	operai ben organizzati, attrezzature idonee, cantiere ben organizzato nel suo complesso

RISPONDENZA AL PROGETTO (QUALITA')	
PUNTI	**DESCRIZIONE**
1	non rispondenza al progetto e/o mancanza di realizzazione di opere
2	parziale rispondenza al progetto e/o con sostanziali modifiche peggiorative
3	opera realizzata nel complesso secondo progetto senza modifiche sostanziali
4	realizzazione effettuata secondo progetto
5	realizzazione ottimale con dei miglioramenti

SICUREZZA	
PUNTI	**DESCRIZIONE**
1	piano di sicurezza generico, non contenente specifiche per la realizzazione di opere di IN
3	piano di sicurezza contenente solo alcune indicazioni per opere di IN
5	piano di sicurezza contenente tutte le indicazioni per opere di IN

REPERIBILITA' E DISPONIBILITA' DEI MATERIALI VEGETALI (TALEE)	
PUNTI	**DESCRIZIONE**
1	reperibilità del materiale a distanze superiori ai 20 km dal cantiere
3	reperibilità del materiale a distanze comprese tra 5 e 20 km dal cantiere
5	reperibilità del materiale a distanze inferiori ai 5 km dal cantiere

REPERIBILITA' E DISPONIBILITA' DEI MATERIALI VEGETALI (PIANTE)	
PUNTI	**DESCRIZIONE**
1	reperibilità e disponibilità frazionata in moltissimi vivai e/o lontani
3	reperibilità in un certo numero di vivai e/o per quantità limitate
5	reperibilità e disponibilità in breve tempo in pochi vivai

GESTIONE DEL MATERIALE VIVO DI NUOVO IMPIANTO	
PUNTI	**DESCRIZIONE**
1	nessuna considerazione delle esigenze del materiale vivo che arriva in cantiere
3	si prendono solo alcune precauzioni per la gestione del materiale vivo (es. luce o acqua)
5	buona attenzione per ogni fattore al materiale che arriva

GESTIONE MATERIALE VEGETALE PREESISTENTE	
PUNTI	**DESCRIZIONE**
1	nessuna considerazione del materiale preesistente al cantiere, utilizzazione pesante di mezzi meccanici, non riutilizzazione del materiale per la realizzazione delle opere
3	tutela delle sole grosse piante preesistenti al cantiere, poca competenza nel rimettere correttamente in opera il materiale tagliato, rispetto formale del DPR del 14/4/93
5	buona attenzione al materiale preesistente, ove possibile salvaguardia della vegetazione e reimpiego di quella abbattuta, rispetto sostanziale del DPR 14/4/93

SPECIE VEGETALI USATE	
PUNTI	**DESCRIZIONE**
1	impiego prevalente di specie non autoctone
3	impiego di specie prevalentemente autoctone con scarsa considerazione delle loro caratteristiche biotecniche
5	specie autoctone con caratteristiche biotecniche idonee

DIMENSIONI DEL MATERIALE LEGNOSO VIVO (PIANTE, TALEE, RAMAGLIA)	
PUNTI	**DESCRIZIONE**
1	le dimensioni, la lunghezza e il diametro del materiale usato non sono adeguati
3	le dimensioni, la lunghezza e il diametro del materiale usato sono parzialmente adeguati
5	le dimensioni, la lunghezza e il diametro del materiale usato sono adeguati

DIMENSIONI DEL MATERIALE LEGNOSO MORTO (PALERIA, ECC.)	
PUNTI	**DESCRIZIONE**
1	le dimensioni, la lunghezza e il diametro del materiale usato non sono adeguati
3	le dimensioni, la lunghezza e il diametro del materiale usato sono parzialmente adeguati
5	le dimensioni, la lunghezza e il diametro del materiale usato sono adeguati

DIMENSIONI DEL MATERIALE FERROSO/ACCIAIOSO	
PUNTI	**DESCRIZIONE**
1	le dimensioni, la lunghezza e il diametro del materiale usato non sono adeguati
3	le dimensioni, la lunghezza e il diametro del materiale usato sono parzialmente adeguati
5	le dimensioni, la lunghezza e il diametro del materiale usato sono adeguati

PERIODO DI IMPIANTO DELLE SPECIE VEGETALI	
PUNTI	**DESCRIZIONE**
1	periodo stagionale inadatto
3	periodo stagionale parzialmente adatto
5	periodo stagionale adatto

NUMERO DI OPERAI	
PUNTI	**DESCRIZIONE**
1	gli operai sono insufficienti in numero e non specializzati
2	gli operai sono insufficienti ma parzialmente specializzati
3	il numero di operai non è sempre sufficiente, anche se specializzati per il tipo di lavoro svolto: un maggior numero di operai renderebbe il lavoro più scorrevole e meno gravoso
4	gli operai sono sufficienti e parzialmente specializzati
5	gli operai sono adeguati in numero e specializzati per il tipo di lavoro svolto

PROMEMORIA

- Il Ø dei chiodi è 12-14 (16) mm, l'h (espressa in cm) è poco meno del doppio del diametro.

- Il Ø dei tondini per viminate ecc. è 18-24 mm;
- Il Ø dei tondini per palificate, cordonate ecc. è 26-32 mm;
- Putrelle 8-16 cm;

La loro altezza dipende dalla resistenza opposta dal terreno.

- Distanze tra i picchetti da 18-24: uno ogni 70-80 cm
- Distanze tra i picchetti da 26-32: uno ogni 100 cm
- Distanze tra le putrelle: una ogni 120-150 cm

CAPITOLO 19

SCHEDA TIPO MONITORAGGIO POST OPERAM

N.B. La scheda post operam non è stata formulata in questa prima fase di lavoro perché il monitoraggio post operam (non originariamente previsto nelle tempistiche) potrà essere eseguito solo a completamento avvenuto di tutti i cantieri monitorati.
Viene qui riportata la scheda di monitoraggio standard AIPIN (riferita ad opere eseguite) che è molto più semplificata, essendo la maggior parte dei dati stazionali e di progetto già contenuti nelle schede "ante operam" e "in opera"

ASSOCIAZIONE ITALIANA PER LA INGEGNERIA NATURALISTICA

SCHEDA INTERVENTO
INGEGNERIA NATURALISTICA
CENSIMENTO POST OPERAM

Progetto Nazionale Vis vitalis

REGIONE			
PROVINCIA			
COMUNE			
ALTITUDINE	**ESPOSIZIONE**	**INCLINAZIONE**	°
m slm		**PENDENZA ALVEO**	%
PIOVOSITA' ANNUA			
VERSANTE ☐		**SPONDA** ☐	
TIPOLOGIA OPERA			
LINEAMENTI VEGETAZIONE STAZIONE			
MORFOLOGIA STAZIONE			
RISULTATI	**STRUTTURA**		
	PARTE VIVA		
NOTE			
DATA			
NOME SEGNALATORE			
RECAPITO			
FOTO N.			
COROGRAFIA 1:25.000 / 5.000			

da far pervenire a:
AIPIN - Corso Italia,23 - Trieste
Tel e fax 040 7600254
E-mail: aipin@aipin.it

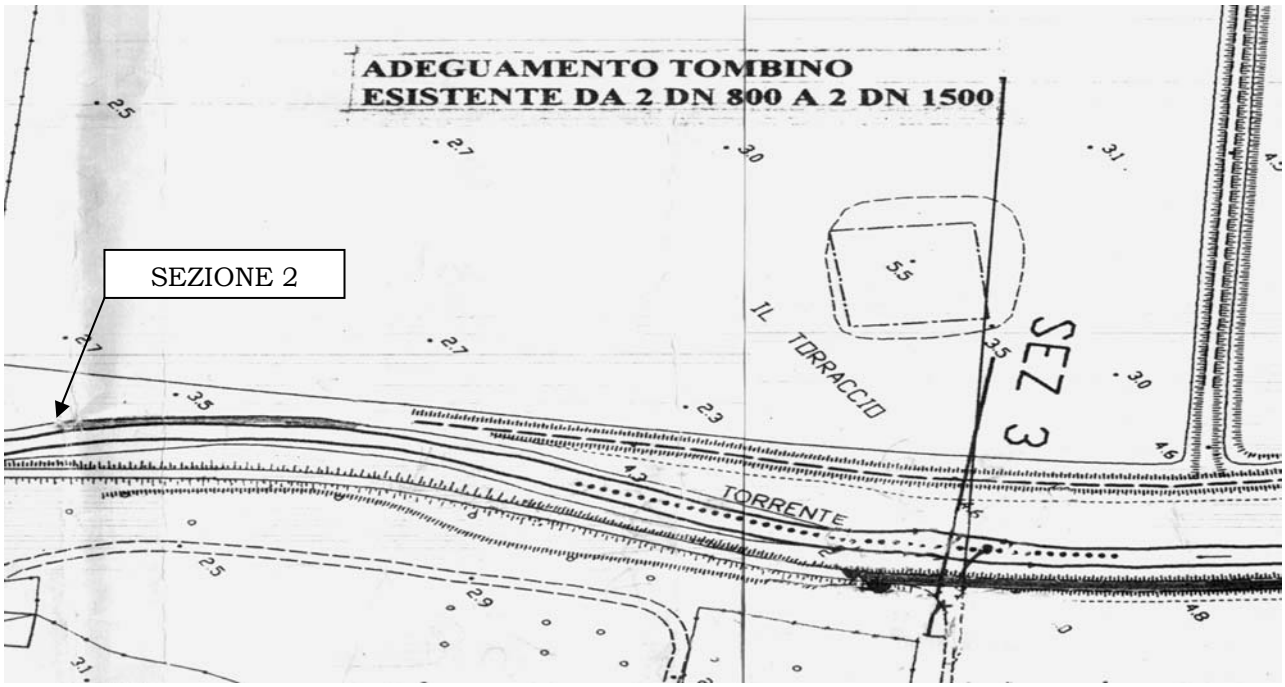
CANTIERE: Torrente Arrone

LOCALITA': Tarquinia (VT)

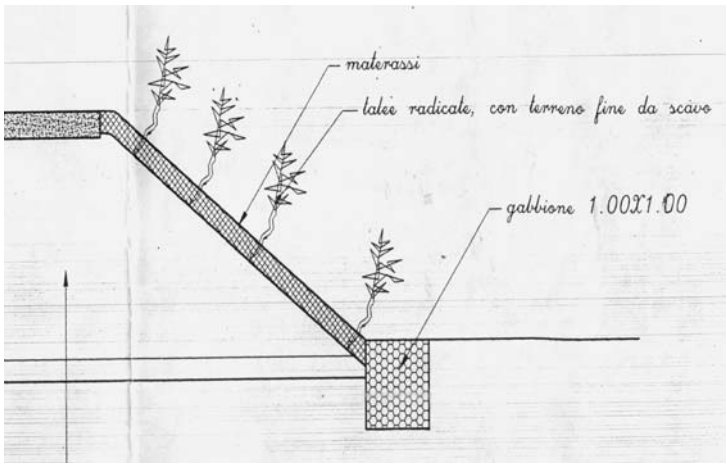
PROGETTISTA: Ing. L. Natalini

INTERVENTO: sezione 3; sezione 2

TIPOLOGIA OPERE I.N.: scogliera con talee e materassi rinverditi; palificata spondale



Planimetria



Sezione 3 con particolare materassi (verso valle)

Verso valle

Ante opera del 13/11/1999

In opera del 12/02/2000

In opera del 04/05/2000

In opera del 09/08/2000

Verso monte

Ante opera del 13/11/1999

In opera del 12/02/2000

In opera del 04/05/2000

In opera del 09/08/2000

Sezione 2

In opera del 04/05/2000

In opera del 04/05/2000

In opera del 04/05/2000

In opera del 09/08/2000

Scheda di monitoraggio *ANTE-OPERAM*

Località Torrente Arrone – Tarquinia (VT)	
Progetto n° 39	Data rilevamento 13/11/1999
Rilevatore/i Puddu G. & Gaglioppa P.	
Tel. 0761/303564	Fax 0761/303564
E-mail puddu.foresta@tiscalinet.it - pierlucagaglioppa@libero.it	

Parte 1: dati di progetto

Nome e cognome del progettista Ing. Luciano Natalini – VAMS Srl	
Contatto col progettista per chiarimenti 339/3409282 – 06/5000968	
Contatto col direttore dei lavori per chiarimenti e tempistica dei lavori	Consorzio di bonifica Maremma Etrusca 0766/856019 (Geom. Fanucci - ing. Pisarri)

Altitudine sul livello del mare 0 – 3 m.

Allineamento tratto considerato corso d'acqua *(es. N-S)* *NE - SO*

Rif. Carta Fitoclimatica del Lazio No

Geologia sponde No

Geomorfologia – fenomeni di erosione in atto e sensibili *(riporto materiali)*

No

Velocità corrente (m/s) Si, con Q2, Q20, Q100 (in Relaz.Gen.)

Scabrezza idraulica (stimata) No

Temperatura *media, min, max* annua (No **) e mensili:**

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
min												
med						No						
max												

Precipitazione *media, min, max* annua (No **) e mensili**

curva di possibilità pluviometrica $h = a\ t^n T_r^m$ No

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
min												
med						No						
max												

Umidità *media, min, max* annua (No **) e mensili:**

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
min												
med						No						
max												

Diagramma di Walter No

Pluviofattore di Lang No

Diagrammi di Peguy No

Indice di Mitrakos No

Classi percentuali di pendenza dei versanti: 0-15 15-25 25-35 35-50 50-75 >75
No
Bilancio di THORNTHWAIT No calcolo del ricarico della falda
Area della superficie del bacino [km^2], inclinazione media, idrografia
Altitudine massima del bacino del Torrente Arrone = 565 m
Altitudine media del bacino del Torrente Arrone = 187 m
Geometria della sezione
Pendenza del fondo per un tratto a monte-valle di minimo 50 m e max 5-10 volte la larghezza dell'alveo No

Oscillazioni mensili della portata											
Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
					No						
Portata minima No											
Periodo di secca *(se presente)* No											
Portata media No											
Portata massima assoluta Portata di piena di progetto = 297.30 m^3/s (Tr = 20 anni)											
Portate storiche No											
Frequenza Tr = 2 20 100 200 500 anni Q_{20} = 297.30, Q_{50} = 334.10, Q_{100} = 361.70 m^3/s (da Relaz.Gen.)											
Angolo d'attrito interno e coesione delle sponde											
Trazione al fondo No											
Trazione sulle sponde No											
Diametro del trasporto solido: d_{50} d_{75} d_{100} No											
curva granulometrica No *(report descrittivo)*											
Bibliografia esistente											
Piano di bacino fiume Fiora – Provveditorato OO.PP. per la Toscana, redatto dal Prof. , Ing.											
Gianmarco Margaritora											

Parte 2: caratteristiche dell'impresa esecutrice
Denominazione ditta e sede legale Consorzio di bonifica della Maremma Etrusca, Via G. Garibaldi
N° 4, 01016, Tarquinia (VT)
Titolare *(nome e cognome, data di nascita, località)*
Angelo Angelucci (legale rappresentante pro tempore)
Titolo di studio
Registro A.N.C.
Fatturato degli ultimi tre anni

Anni di attività	nel settore I.N. 50
	nelle sistemazioni idrauliche 50
	nella provincia 50
Consistenza del personale della ditta	Appaltatrice 21
	subappaltatrice

L'azienda si avvale di collaborazioni tecniche/operative di altre aziende per lo svolgimento di specifiche mansioni a supporto della propria attività?

(*) se Sì indicare con quali figure professionali: (Ing., Geom., Per.)

(**) tipo di collaborazione: (permanente) (occasionale)

	NO	SI (*)	Tipo di collaborazione (**)
Per la progettazione	/		
Per la direzione lavori	/		
Per la sicurezza	/		
Per l'assistenza alla direzione lavori	/		
Per altre attività			

Attività svolta dal titolare oltre a quella amministrativa *(barrare):*

	permanente	occasionale
progettazione		
direzione lavori		
direzione (tecnica) dei lavori		
responsabile sicurezza		

Parte 3: allegato della sezione tipo n° 1	
Tipologia d'opera di IN (gabbionata ecc.) unione delle due tipologie di argine e rifacimento tombino	
Rif.: (planimetria allegata) All. B	SCALA: 1: 2000
Foto da monte n°	39 / 2. A (prospettiva verso valle)
Foto da valle n°	39 / 3.A (argini verso monte)
	39 / 4.A
Foto frontale delle due sponde nn[i]	39 / 1.A (sbocco del tombino su scogliera)
Commenti sulle scelte di progetto:	
Il progetto alzerà gli argini solo a SX. La nuova sezione del pozzetto altererà la scogliera già	
presente.	

Trasporto solido (∅ cm) Presenza di massi (∅ cm)	***Da rilevamento***	***Da progetto***	
Pendenze dell'alveo	2		‰
Pendenza della sponda sinistra	50		gradi sull'orizzontale
Pendenza della sponda destra	60		
Larghezza reale della sezione	8(sez. bagnata)		metri
Altezza sponde	4		

Monitoraggio sezione: singoli alberi e arbusti presenti in alveo	Sambucus nigra, Salix et Arundo spp.

Presenze vegetali circostanti: ***(specie, h, copertura rada, fitta, colma)***

Alberi	Salix spp., Alnus glutinosa, Ficus carica.
Arbusti	Salix spp.
Erbacee	Arundo spp., Equisetum spp., Amaranthus retroflexus, Datura spp.

Valutazione sulla naturalità:

Alta	
Media	DX presenza di una piccola golena con canneto
Bassa	SX

Esistenza fasce ripariali arboree (*salici, pioppi, ontani*) **stima della loro larghezza** (*<5m; tra 5-10m; >10m*)**, naturalità**

Presenza sporadica di Salix spp.

Uso del suolo al contorno *(ambo i lati)*

Agricolo. Camping nella zona alla foce	
Litologia sponde	Artificiale, scogliera con massi ciclopici

VEDI RETRO: ( )

Parte 3: allegato della sezione tipo n° 2		
Tipologia d'opera di IN (gabbionata ecc.) berma in pietrame antierosione		
Rif.: (planimetria allegata) All. B		SCALA: 1: 2000
Foto da monte n°	39 / 6. A (Sx orografica ante operam)	
Foto da valle n°	39 / 7.A (prospettiva fiume da SX orografica)	
	39 / 8.A	
Foto frontale delle due sponde nn[i]		
Commenti sulle scelte di progetto:		

Trasporto solido (∅ cm) Presenza di massi (∅ cm)	***Da rilevamento***	***Da progetto***	
Pendenze dell'alveo	2		‰
Pendenza della sponda sinistra	50		gradi sull'orizzontale
Pendenza della sponda destra	60		
Larghezza reale della sezione	8-15 (con golena)		metri
Altezza sponde	4		

Monitoraggio sezione: singoli alberi e arbusti presenti in alveo	

Presenze vegetali circostanti: ***(specie, h, copertura rada, fitta, colma)***

Alberi	Salix spp.
Arbusti	Rubus spp.
Erbacee	Amaranthus retroflexus, Clematis vitalba, Stramonio, Medicago et Trifolium spp.

Valutazione sulla naturalità:

Alta	
Media	
Bassa	DX (i massi sono scarsamente colonizzati)
	SX

Esistenza fasce ripariali arboree (*salici, pioppi, ontani*) **stima della loro larghezza** (*<5m; tra 5-10m; >10m*)**, naturalità**

Uso del suolo al contorno *(ambo i lati)*

Agricolo	
Litologia sponde	Sponde con massi ciclopici

VEDI RETRO: ( )

Parte 3: allegato della sezione tipo n° 3	
Tipologia d'opera di IN (gabbionata ecc.) rafforzamento degli argini con talee di Tamerice	
Rif.: (planimetria allegata) All. B	SCALA: 1: 2000
Foto da monte n°	39 / 10.A (verso sponda SX)
Foto da valle n°	
Foto frontale delle due sponde nn[i]	39 / 9.A 39 / 11.A (verso sponda DX)
Commenti sulle scelte di progetto:	
La sistemazione a palificata viva con talee di Tamerice è messa in un punto in cui la rottura degli argini è periodica e non sembra svolgere alcuna funzione. La foce del fiume è molto variabile come uscita verso il mare.	

Trasporto solido (∅ cm) Presenza di massi (∅ cm)	***Da rilevamento***	***Da progetto***	
Pendenze dell'alveo			‰
Pendenza della sponda sinistra	80		gradi sull'orizzontale
Pendenza della sponda destra	70		
Larghezza reale della sezione	12(sez. bagnata)		metri
Altezza sponde	1		

Monitoraggio sezione: singoli alberi e arbusti presenti in alveo	Canneto

Presenze vegetali circostanti: ***(specie, h, copertura rada, fitta, colma)***

Alberi	
Arbusti	
Erbacee	Canneto

Valutazione sulla naturalità:

Alta	
Media	DX (naturalità più alta)
	SX (influenzata dal camping)
Bassa	

Esistenza fasce ripariali arboree (*salici, pioppi, ontani*) **stima della loro larghezza** (*<5m; tra 5-10m; >10m*)**, naturalità**

Uso del suolo al contorno *(ambo i lati)*

DX agricolo	
SX parcheggio e uscita del camping	
Litologia sponde	Sabbia incoerente

VEDI RETRO: ( )

SCHEDA DI MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA **DATA**: 12/2 e 4/5/2000

COMUNE: Tarquinia (Vt) **CANTIERE**: Torrente Arrone **Rif.OPERA**: 39

	Organizzazione del cantiere	Rispondenza al progetto (qualità)	Sicurezza	Reperibilità e disponibilità materiale vegetale (talee)	Reperibilità e disponibilità materiale vegetale (piante)	Gestione materiale vivo di nuovo impianto	Gestione materiale vegetale preesistente	Specie vegetali usate	Dimensioni del materiale legnoso vivo	Dimensioni del materiale legnoso morto	Dimensione del materiale ferroso/acciaioso e lapideo	Periodo di impianto delle specie vegetali	Numero di operai (medio)	Punteggio totale
Palificata viva doppia														
Gradonata														
Idrosemina														
Idrosemina a spessore														
Biostuoia di cocco/etc.														
Enkamat														
Italmanec														
Canaletta biostuoia e rete zincata														
Geocelle a nido d'ape														
Talee														
Arbusti														
Alberi														
Palizzata viva														
Gabbioni rinverditi														
Fascinata viva														
Briglie in legname e pietrame														
Viminata viva														
Copertura diffusa														
Terra rinforzata														
Graticciate micropali														
Canaletta in legno e pietre														
Palificata reatina														
Gabbioni cilindrici														
Palificata spondale con fascine *	5	5	3		5	3		5	5	5	5	3	4	48
Materassi geomac														
Materassi con talee *	5	5	3	5		5	1	5	3		5	3	4	44
Scogliera con talee	5	4	3	5	●	3	1	5	3			5	4	38
Soglia in massi														
Rampa di risalita														

NOTE

● Non ci sono piante da utilizzare. Nei dintorni ci sono vivai potenzialmente adatti e vicini.- Si configura una even tuale 5 se indispensabile.

* Visita del 4/4/2000

Scheda di monitoraggio IN-OPERA

Località Torrente Arrone		
Progetto n° 39		Data rilevamento 12/02/2000
Altitudine o÷3 m s.l.m.	Esposizione NO-SE	Rif.: *(planimetria allegata)* All. B
Nome rilevatore Giuseppe Puddu e Pierluca. Gaglioppa		
Tel. 0761-303564	Fax 0761-303564	
E-mail puddu.foresta @tiscalinet.it pierlucagaglioppa@libero.it		

Progettisti Ing. Luciano Natalini (VAMS)	
DL Geom. R.Fanucci	Assistente alla DL
Direttore tecnico dell'impresa	
Ditta/e esecutrice/i: Consorzio di bonifica della maremma etrusca (Economia Diretta)	
Via G.Garibaldi n°4	Città Tarquinia (Vt) 01016
Tel./Fax 0766-856019	
Subappaltatori	Subappaltatori
Data inizio e fine cantiere (da contratto) 5 ottobre '99 – 5 luglio 2000	
Eventuali interruzioni del cantiere, loro motivazione e durata	
Periodo complessivo in cui si è effettuato l'impianto delle talee: dal 4/2 alla ° sett.	
Periodo complessivo in cui si è effettuato l'impianto delle piante: dalla ° alla ° sett.	
Imprevisti: Adeguamento dell'argine in tratto terminale (prevista sottofondazione) Eventuali eventi meteorici successivi alla data di consegna del progetto: Altro:	

Mezzi meccanici in cantiere (indicare con un * se a noleggio)					
Escavatore cingolato	2	Mini vericello		Camion…….	1-3*
Pala gommata		Gru a cavo		Altro	
Terna Gommata	1	Motosega	2	Pala cingolata	1
Ragno		Trapano		Rullo	1*
Trattore		Compressore		Autocarro con gru	1
Idroseminatrice		Motogeneratore			

Specie vegetali usate

Piante radicate Inserire copia bolla di accompagnamento (Vedi su contratto specie, età, ∅, h)			Talee Specie e dimensioni medie ∅ l		
			Salix spp.	1÷3 cm	50 cm

Scheda di monitoraggio *ANTE-OPERAM*

Località Rio Valleluce – S. Elia Fiumerapido	
Progetto n° 19 (4400/98)	Data rilevamento 27/7/1999
Rilevatore/i Prosperi P. & Missori E.	
Tel. 06/9486686, 06/35451947	Fax 3680484248
E-mail pprosp@tiscalinet.it missorie@hotmail.com	

Parte 1: dati di progetto	
Nome e cognome del progettista Ing. Roberto Colosimo	
Contatto col progettista per chiarimenti 06/5954557	
Contatto col direttore dei lavori per chiarimenti e tempistica dei lavori	Ing. Maiolo (SDAR Cassino) – 0776/310414
Altitudine sul livello del mare da 128.8 a 102.5 m	
Allineamento tratto considerato corso d'acqua *(es. N-S)* *NE - SW*	
Rif. Carta Fitoclimatica del Lazio 5 - 10	
Geologia sponde	
Terreno con forte presenza di scheletro calcareo-marnoso in matrice calcareo-sabbiosa	
Geomorfologia – fenomeni di erosione in atto e sensibili *(riporto materiali)*	
Forti fenomeni d'erosione delle sponde e dell'alveo, specie durante eventi di piena.	
Evidenti i terrazzi di depositi alluvionali.	
Velocità corrente (m/s) del canale 5.337 (sez.4); 4.647 (sez. 5)	
Scabrezza idraulica (stimata) del canale (Bazin) X = 2 (per le sez. 4 e 5)	

Temperatura *media, min, max* annua (No **) e mensili:**

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
min												
med						No						
max												

Precipitazione *media, min, max* annua (No **) e mensili**

curva di possibilità pluviometrica h = a $t^n T_r^m$ Si, nella relazione idrologica per T_r = 50 – 100 anni

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
min												
med						No						
max												

Umidità *media, min, max* annua (No **) e mensili:**

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
min												
med						No						
max												

Diagramma di Walter	No
Pluviofattore di Lang	No
Diagrammi di Peguy	No
Indice di Mitrakos	No

Classi percentuali di pendenza dei versanti: 0-15 15-25 25-35 35-50 50-75 >75
Da 15 – 25 fino alla verticale
Bilancio di THORNTHWAIT No calcolo del ricarico della falda
Area della superficie del bacino [km^2], inclinazione media, idrografia
Area = 17.6 km^2 ; copia carta IGM per l'individuazione e delimitazione del bacino idrografico.
Pendenza del fondo (sezioni 4 e 5) = 0.015; Lunghezza asta principale = 8.2 km
Geometria della sezione trapezia (per i calcoli di verifica idraulica)
Pendenza del fondo per un tratto a monte-valle di minimo 50 m e max 5-10 volte la larghezza dell'alveo No

Oscillazioni mensili della portata											
Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
					No						
Portata minima No											
Periodo di secca *(se presente)* No (come dato di progetto)											
Portata media No											
Portata massima assoluta Q di verifica = 100 m^3/s (Tr = 100)											
Portate storiche No											
Frequenza Tr = 2 20 100 200 500 anni 10, 25, 50, 100 anni ; dimensionamento con Tr = 50-100											
Angolo d'attrito interno e coesione delle sponde 30° Coesione = 0.1 kg/cm^2											
Trazione al fondo No											
Trazione sulle sponde No											
Diametro del trasporto solido: d_{50} d_{75} d_{100} No											
curva granulometrica No *(report descrittivo)*											
Bibliografia esistente											

Parte 2: caratteristiche dell'impresa esecutrice
Denominazione ditta e sede legale
La Rocca Alberto & C. SNC – via Campopiano 42 b – 03039 – Sora (FR)
Titolare *(nome e cognome, data di nascita, località)*
La Rocca Alberto, nato a Sora il 10/10/46
Titolo di studio licenza media
Registro A.N.C 4477308.
Fatturato degli ultimi tre anni 5.836.166.000

Anni di attività	nel settore I.N. 22
	nelle sistemazioni idrauliche 22
	nella provincia 22
Consistenza del personale della ditta	Appaltatrice 3 soci, 4 impiegati e 21 operai
	subappaltatrice

L'azienda si avvale di collaborazioni tecniche/operative di altre aziende per lo svolgimento di specifiche mansioni a supporto della propria attività?

(*) se Sì indicare con quali figure professionali: (Ing., Geom., Per.)

(**) tipo di collaborazione: (permanente) (occasionale)

	NO	SI (*)	Tipo di collaborazione (**)
Per la progettazione	/		
Per la direzione lavori	/		
Per la sicurezza	/		
Per l'assistenza alla direzione lavori	/		
Per altre attività	/		

Attività svolta dal titolare oltre a quella amministrativa *(barrare):*

	permanente	occasionale
progettazione	/	
direzione lavori	/	
direzione (tecnica) dei lavori	/	
responsabile sicurezza	/	

Parte 3: allegato della sezione tipo n° 4	
Tipologia d'opera di IN (gabbionata ecc.) gabbionata rinverdita	
Rif.: (planimetria allegata) All. Grafico n° 9a - 10 - 11	SCALA: 1 : 500
Foto da monte n°	V 1 A
Foto da valle n°	V 2 A
	V 3 A
Foto frontale delle due sponde nn[i]	V 6 A, V 3 A
Commenti sulle scelte di progetto:	
Sulla sponda SX è presente un muro in cls in discreto stato di conservazione. La scelta di sostituirlo con gabbionate, anche se rinverdite, potrebbe essere rivista. La cordonata viva descritta nello allegato grafico 11 non trova poi collocazione nel quadro delle opere da realizzare.	

Trasporto solido (∅ cm) ciottoli e sabbia Presenza di massi (∅ cm)	***Da rilevamento***	***Da progetto***	
Pendenze dell'alveo	18.5		‰
Pendenza della sponda sinistra	90		gradi sull'orizzontale
Pendenza della sponda destra	60 - 70		
Larghezza reale della sezione	6		metri
Altezza sponde	5		

Monitoraggio sezione: singoli alberi e arbusti presenti in alveo	Robinia pseudoacacia, Ficus carica, Juglans regia et Laurus nobilis.

Presenze vegetali circostanti: ***(specie, h, copertura rada, fitta, colma)***

Alberi	Robinia pseudoacacia (10 m), Ficus carica (3 m), Juglans regia (5m) et Laurus nobilis (3m).
	Copertura rada.
Arbusti	
Erbacee	Felci.

Valutazione sulla naturalità:

Alta	
Media	
Bassa	X

Esistenza fasce ripariali arboree (*salici, pioppi, ontani*) **stima della loro larghezza** (*<5m; tra 5-10m; >10m*)**, naturalità**

NO

Uso del suolo al contorno *(ambo i lati)*

SX abitazioni, strada e orti	
Dx abitazioni e orti	
Litologia sponde	Terreni alluvionali con forte presenza di ghiaia

VEDI RETRO: ( )

Parte 3: allegato della sezione tipo n° 5		
Tipologia d'opera di IN (gabbionata ecc.) gabbionata rinverdita		
Rif.: (planimetria allegata) All. Grafico n° 9a - 10 - 11		SCALA: 1 : 500
Foto da monte n°	V 5 A	
Foto da valle n°	V 9 A	
Foto frontale delle due sponde nn[i]	V 4 A, V 7 A, V 8 A	
Commenti sulle scelte di progetto: E' evidente un fenomeno di erosione al piede in sponda SX con franamento parziale del terreno sovrastante. Appare così adeguata la scelta di inserire dei gabbioni rinverditi.L' assenza di vegetazione e di muri di sostegno alla strada in sponda DX suggerisce la bontà della scelta di posizionare gabbioni rinverditi anche qui, ma si sarebbe potuta prendere la opzione palificata doppia rinverdita.		

Trasporto solido (∅ cm) Presenza di massi (∅ cm) 10 - 15	***Da rilevamento***	***Da progetto***	
Pendenze dell'alveo	28.4		‰
Pendenza della sponda sinistra	90		gradi sull'orizzontale
Pendenza della sponda destra	60 - 70		
Larghezza reale della sezione	13.1		metri
Altezza sponde	4 - 5		
Monitoraggio sezione: singoli alberi e arbusti presenti in alveo	Non sono presenti alberi in alveo.		

Presenze vegetali circostanti: ***(specie, h, copertura rada, fitta, colma)***

Alberi	Robinia pseudoacacia, Corylus avellana, Juglans regia (8 – 9 m) rada, Sambucus nigra, Ulmus minor.
Arbusti	
Erbacee	Erbe nitrofile, Rubus ulmifolius.

Valutazione sulla naturalità:

Alta	
Media	
Bassa	X

Esistenza fasce ripariali arboree (*salici, pioppi, ontani*) **stima della loro larghezza** (*<5m; tra 5-10m; >10m*)**, naturalità**

No

Uso del suolo al contorno *(ambo i lati)*

SX prati e orti	
Dx strada comunale asfaltata	
Litologia sponde	Terreno alluvionale con forte presenza di scheletro (ghiaia e ciottoli)

VEDI RETRO: ( )

Parte 3: allegato della sezione tipo n° 9		
Tipologia d'opera di IN (gabbionata ecc.) gabbionate rinverdite, rivestimento spondale e del fondo		
Rif.: (planimetria allegata) All. Grafico n° 9a - 10 - 11		SCALA: 1 : 500
Foto da monte n°	V 17 I	
Foto da valle n°	V 15 A	
Foto frontale delle due sponde nn[i]	V 14 A, V 10 I	
Commenti sulle scelte di progetto:		
La presenza di un muro in pietrame cementato in sponda DX suggerisce di rifiutare la soluzione		
dei gabbioni rinverditi. Il rivestimento spondale (sulla sponda SX), se realizzato, porterebbe		
ad aumentare la fascia di pertinenza idraulica di oltre 3 m, attualmente occupata da noci e noccioli		

Trasporto solido (∅ cm) Presenza di massi (∅ cm) 15	***Da rilevamento***	***Da progetto***	
Pendenze dell'alveo	19.2		‰
Pendenza della sponda sinistra	90		gradi sull'orizzontale
Pendenza della sponda destra	90		
Larghezza reale della sezione	5		metri
Altezza sponde	3 (SX) 4 (DX)		

Monitoraggio sezione: singoli alberi e arbusti presenti in alveo	Nessun albero presente in alveo.

Presenze vegetali circostanti: ***(specie, h, copertura rada, fitta, colma)***

Alberi	Robinia pseudoacacia (6 m) rada, Juglans regia (8 m) fitta,
	Populus nigra (20 m) fitta, Ulmus minor (3 m) rada
Arbusti	Hedera elix
Erbacee	.

Valutazione sulla naturalità:

Alta	
Media	
Bassa	X

Esistenza fasce ripariali arboree (*salici, pioppi, ontani*) **stima della loro larghezza** (*<5m; tra 5-10m; >10m*)**, naturalità**

No

Uso del suolo al contorno *(ambo i lati)*

SX prati e orti	
Dx strada comunale asfaltata	
Litologia sponde	Terreno alluvionale con forte presenza di scheletro

VEDI RETRO: ( )

SCHEDA DI MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA **DATA:** 21/1/2000

COMUNE: S.Elia Fiume rapido **CANTIERE**: Rio Valleluce **Rif.OPERA**: 19 (4400/98)

	Organizzazione del cantiere	Rispondenza al progetto (qualità)	Sicurezza	Reperibilità e disponibilità materiale vegetale (talee)	Reperibilità e disponibilità materiale vegetale (piante)	Gestione materiale vivo di nuovo impianto	Gestione materiale vegetale preesistente	Specie vegetali usate	Dimensioni del materiale legnoso vivo	Dimensioni del materiale legnoso morto	Dimensione del materiale ferroso/acciaioso e lapideo	Periodo di impianto delle specie vegetali	Numero di operai (medio)	Punteggio totale
Palificata viva doppia														
Gradonata														
Idrosemina														
Idrosemina a spessore														
Biostuoia di cocco/etc.														
Enkamat														
Italmanec														
Canaletta biostuoia e rete zincata														
Geocelle a nido d'ape														
Talee														
Arbusti														
Alberi														
Palizzata viva														
Gabbioni rinverditi	5	2*	1	1		3	1	3	5		?	3	4	28
Fascinata viva														
Briglie in legname e pietrame														
Viminata viva														
Copertura diffusa														
Terra rinforzata														
Graticciate micropali														
Canaletta in legno e pietre														
Palificata reatina														
Gabbioni cilindrici														
Palificata spondale con fascine														
Materassi geomac														
Materassi con talee	5	2*	1	1		3	1	3	5		?	5	4	30
Scogliera con talee														
Soglia in massi														
Rampa di risalita														

NOTE

* Modifiche non peggiorative; a causa di difficoltà oggettive di realizzazione, in molti casi si sono sostituiti i materassi rinverditi con gabbioni rinverditi

Scheda di monitoraggio IN-OPERA

Località Rio Valleluce		
Progetto n° 19 (4400/98)		Data rilevamento 21/1/2000
Altitudine da 128,8 a 102,5 per l'area d'intervento	Esposizione versante sud occidentale	Rif.: *(planimetria allegata) allegato 9a-9b-10-11*
Nome rilevatore Paolo prosperi & Emanuele Missori		
Tel 0635451947.	Fax 0635451947 - 3680484248	
E-mail pprosp@tiscalinet.it – taja.e@tiscalinet.it		

Progettisti Studio idrotecnico Colosimo, Roma	
DL Ing.Orlando Maiolo (SDAR Cassino)	Assistente alla DL Geom. Franco Domenicone
Direttore tecnico dell'impresa La Rocca Alberto Francesco	
Ditta/e esecutrice/i: Società La Rocca Alberto & C.SNC	
Via Campopiano, 42b	Città Sora (Fr)
Tel./Fax 0776824270 / 0776825082	
Subappaltatori	Subappaltatori
Data inizio e fine cantiere (da contratto) 2/8/1999 – 17/1/2000	
Eventuali interruzioni del cantiere, loro motivazione e durata Durante l'esecuzione dei lavori non sono state registrate interruzioni o sospensioni	
Periodo complessivo in cui si è effettuato l'impianto delle talee: dalla VI ° alla XXI ° sett.	
Periodo complessivo in cui si è effettuato l'impianto delle piante: dalla ° alla ° sett.	
Imprevisti: Eventuali eventi meteorici successivi alla data di consegna del progetto: Non si sono verificati eventi meteorologici degni di rilievo Altro:	

Mezzi meccanici in cantiere (indicare con un * se a noleggio)					
Escavatore cingolato	3	Mini vericello		Camion…….	2
Pala gommata	1	Gru a cavo		Altro	
Terna		Motosega	1	decespugliatore	1
Ragno		Trapano		Escavatore gommato	1
Trattore		Compressore			
Idroseminatrice		Motogeneratore			

Specie vegetali usate

Piante radicate Inserire copia bolla di accompagnamento (Vedi su contratto specie, età, ∅, h)			Talee Specie e dimensioni medie ∅ l		
			Salix spp.	2-5 cm	2 m

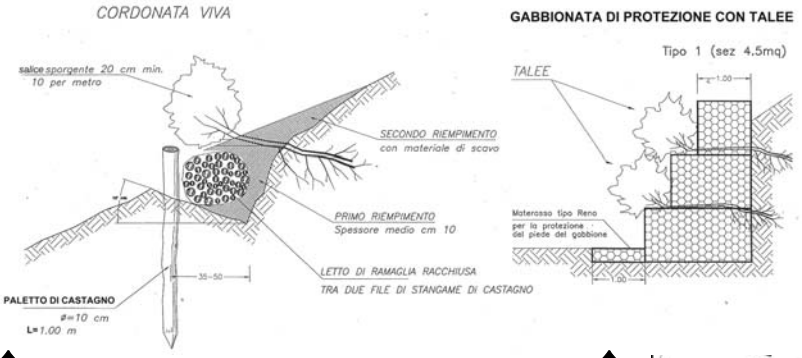
ATTREZZI ed ATTREZZATURE

- n. 1 rotobucciardatrice:
- n. 1 impianto semaforico mobile;
- n. 2 motosaldatrici a scoppio;
- n. 1 saldatrice elettrica;
- n. 1 saldatrice a filo continuo;
- n. 1 tornio in ferro;
- n. 1 trapano a colonna;
- n. 1 fresatrice per ferro;
- n. 2 martelli demolitori da Kg. 40:
- n. 1 motofalciatnce;
- n. 1 stazione totale elettronica CTS-2 TOPCON (teodolite distanziometro elettro-ottico) completo di accessori:
- n. 1 autolivello AT-G4 TOPCON completo di accessori:
- serie di ponteggi metallici, pannelli metallici, giunti girevoli, morsetti, elementi per casseforme in ferro;
- n. 1 impianto e colonnina per distribuzione carburante con serbatoio di capacità di Mc. 10,000;
- n. 1 taglia-asfalto FAST VERDINI;
- n. 2 motoseghe -a) JONSERED -b) STILL;
- n. 1 macchina pulisci pannelli-tavole;
- n. 1 fratazzatrice BARIKEL;
- n. 1 pompa autodescante a scoppio LOMEARDrN1:
- n. 2 elettropompe autodescanti FLYGHT:
- officina completa di ogni attrezzatura meccanica e di minuteria varia per I'autonoma riparazione e manutenzione dei macchinari di proprietà dell' Impresa;

MACCHINARI ed IMPIANTI

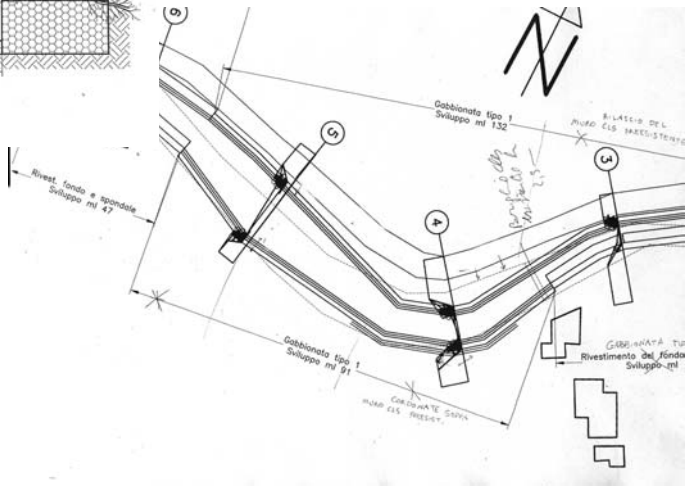
- n. 1 dumper muletto ITALMACCHINE 150 TI**:**
- n. 1 dumper muletto ITALMACCHINE 150 FI;
- n. 1 escavatore idraulico cingolato PMI 1300 dotato di benne in ferro di varie misure;
- n. 1 escavatore idraulico cingo1ato PMI 1000 dotato di bcnne in ferro di varie misure;
- n. 1 escavatore idraulico cingolato PMI 815 dotato di benne in ferro di varie misure;
- n. 1 escavatore idraulico cingolato FIAT ALLIS FE/28 LC dotato di benne in ferro di varie misure;
- n. 1 escavatore idraulico cingolato HYDROMACH EUROPA 95 dotato di bennc in ferro di varie misure;
- n. 1 miniescavatoreBENFRA 9.O1S
- n. 1 pala caricatrice retroescavatrice gommata COGEMA ROSSI 550 HD - FR AA567;
- n. 1 pala meccanica cingolata FIAT FL 14/B;
- n. 1 ruspa cingolata FIAT AD 7;
- n. 1 pala gommata caricatrice FIAT ALLIS FR9 -FR AA569;
- n. 1 pala gommata caricatrice INTERNATIONAL 515:
- n. 1 pala gommata caricatrice FIAT ALLIS 905 B;
- n. 1 macchina livellatrice (grader) FIAT ALLIS FG 85;
- n. 1 rullo compressore BIDELLI DRAGO da 18 T - FR AA568;
- n. 1 rullo compressore VIBROCOMPACTOR da 1 T:
- n. 1 trattore FIAT 80-86 attrezzato con braccio decespugliatore FERIU TS 80 FR AA783;
- n. 1 escavatore Komatsu PC 40:
- n. 1 escavatore Komatsu PC 25;
- n. 2 compressori ad aria YAMBACK;
- n. 1 minigru SAN MARCO;
- n. 1 macchina piegaferro;
- n. 1 dumper betoniera autocaricante ITALMACCHINE capacità Mc. 55 - FR AA529;
- n. 2 dumper betoniera autocaìicante ITALMACCHINE capacità Mc. 3,5 - a) FR AA528 - b) FR AA530;
- n. 1 carrellone rimorchio MAIRA TR 20 - FR 008312
- n. 2 martelli demolitori BH 12/50 completi di accessori per escavatori idraulici cingolati PMI 1300 e PMI 1000:
- n. 1 idropulitrice VR da 200 atm.;

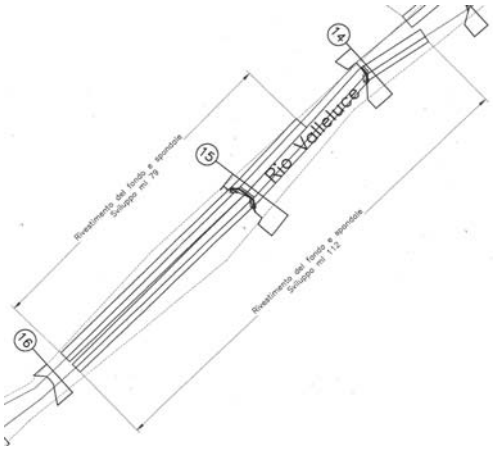
Cantiere: Rio Valleluce
Località: Sant'Elia Fiumerapido
Rif. progetto: 4400/98
Sezioni: 4 e 15
Foto da planimetrie di progetto



↑particolari delle tipologie d'opera in sezione 4↑

planimetria di progetto della
↓sezione 4↓

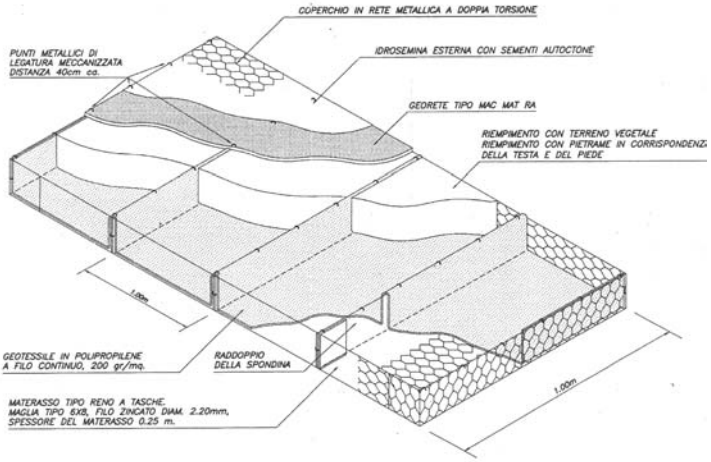




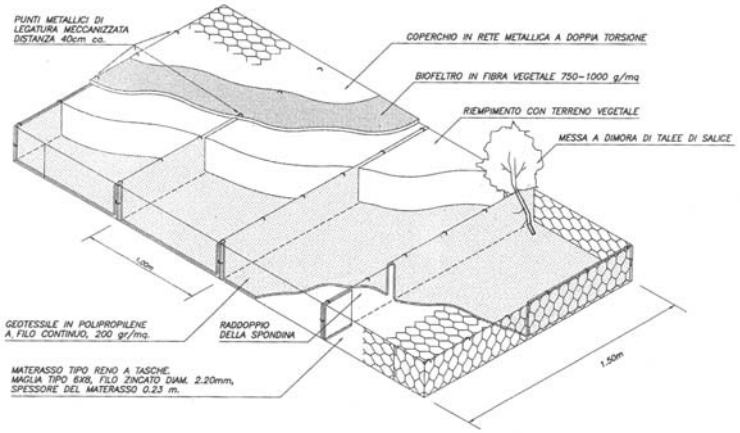
← planimetria di progetto sezione 15

particolari costruttivi dei materassi da porre in
↓sezione 15↓

PARTICOLARE DELL'INSERIMENTO
DEL MATERASSO RINVERDITO SPONDALE
DA PORRE IN OPERA SOTTO IL LIVELLO MEDIO



PARTICOLARE DELL'INSERIMENTO DEL MATERASSO RINVERDITO
DA PORRE IN OPERA SOPRA IL LIVELLO MEDIO



Cantiere: Rio Valleluce
Località: Sant'Elia Fiumerapido
Rif. progetto: 4400/98
Sezione: 4
Tipologia di I.N.: gabbionate rinverdite, palizzata rinverdita

foto da monte dello stato *ante-operam*

fase 1 dello stato *in-operam*

fase 2 dello stato *in-operam*

foto da valle dello stato *ante-operam*

fase 1 dello stato *in-operam*

fase 2 dello stato *in-operam*

Cantiere: Rio Valleluce
Località: Sant'Elia Fiumerapido
Rif. progetto: 4400/98
Sezione: 15
Tipologia di I.N.: materassi rinverditi

materasso rinverdito con talee di salice

particolare delle talee, della biostuoia in paglia e del feltro in plastica nera

CAPITOLO 21

MANUTENZIONI

G.Sauli

Il presente capitolo sulle manutenzioni viene inserito in coda a quelli sui monitoraggi, perché buona parte delle attività di monitoraggio vanno finalizzate appunto agli interventi di risistemazione, miglioramento e indirizzo sia delle parti strutturali che di quelle viventi.
Si parte dal presupposto che qualsiasi opera necessiti di interventi manutentori ed in particolare le opere a verde sono classicamente soggette a periodici interventi di sfalcio, pulizia, potatura, concimazione, sarchiatura, sostituzione delle fallanze ecc..
Gli interventi di ingegneria naturalistica, essendo intrinsecamente delle opere a verde semplici o combinate, ricadono anch'essi nelle stesse necessità delle altre opere in verde. In realtà ogni sforzo viene fatto dagli specialisti del settore nella concezione, progettazione e realizzazione di tali interventi, perché sia necessaria la minor assistenza possibile per il buon successo nel tempo di opere che sono per loro natura soggette ai dinamismi evolutivi delle piante.
Poca e mirata manutenzione dunque, che non vuol dire però nessuna manutenzione.
Si sta invece assistendo per il momento in Italia al fenomeno, da considerarsi sperabilmente come una fase iniziale, dell'abbandono degli interventi di ingegneria naturalistica realizzati, la cui manutenzione viene intesa, almeno per le strade, come la manutenzione dell'altro verde, cioè una manutenzione "difensiva" nei confronti del manto stradale, del traffico, della segnaletica, ecc. e non una manutenzione di incentivo e miglioramento se non addirittura di indirizzo (successione della vegetazione) come andrebbe fatto.
Data questa situazione, auspicabilmente transitoria, si consigliano Enti promotori e progettisti di inserire già nei capitolati degli appalti di costruzione le manutenzioni iniziali (primi due anni) che sono le più condizionanti dell'evoluzione successiva.
Il problema riguarda soprattutto le opere infrastrutturali, tra cui rientrano le sistemazioni idrauliche e una parte degli interventi di difesa del suolo. Infatti gli interventi a carico di Enti gestori quali Aziende Regionali delle foreste, Aziende Speciali per i Bacini Montani, Aziende provinciali, Comunità montane, Magistrati alle acque, Consorzi di bonifica ecc. sono molto più facilmente gestibili nella intrinseca possibilità di tali Enti di ritornare sui cantieri precedentemente eseguiti sia per i controlli che per gli interventi di ripresa manutentoria.
Va detto che molti degli Enti gestori citati considerano gli interventi di ingegneria naturalistica essi stessi delle opere di manutenzione del territorio, dal momento che sono utilizzati per tamponare situazioni di dissesto di versanti, di erosione di sponde, ecc.. Questa attribuzione degli interventi di I.N. alla categoria degli interventi manutentori propone delle notevoli facilitazioni nell'iter tecnico - amministrativo dei relativi progetti. Un valido esempio in questo senso è rappresentato dalla provincia di Bolzano che opera ormai da più di 25 anni nel settore ed ha realizzato migliaia di interventi di I.N. su tutto il territorio montano - alpino dell'Alto Adige.
Per maggiori dettagli sulle manutenzioni si rimanda alle già citate " Linee guida per capitolati speciali per interventi di ingegneria naturalistica e lavori di opere a verde " del Ministero dell'Ambiente ed al capitolo 6.2 LA MANUTENZIONE DELLE OPERE DI IN del volume 1 - Principi e linee guida per l'ingegneria naturalistica della Regione Toscana, 2000, da cui riportiamo di seguito in estratto due tabelle con alcuni tipi di interventi di manutenzione riferiti alle principali tecniche di I.N.
Nelle foto allegate (originali dello scrivente) inoltre si riportano esempi di manutenzione periodica di gradonate vive realizzate con specie pioniere e indirizzate alla conversione verso stadi forestali a latifoglie più evoluti.

opera	tipo di intervento	periodo	turno	ripetizione del turno
scogliera con talee	recupero delle fallanze	2 stag. veg.		
	potatura di formazione	2 e 4 stag. veg.	2 anni	2 volte
	diradamenti	6 stag. veg.	4 anni	1 volta
grate vive	recupero fallanze	2 stag. veg.		
	potatura di formazione	2 e 4 stag. veg.	2 anni	2 volte
	diradamenti	6 stag. veg.	4 anni	1 volta
	sfalci	2 stag. veg.	2 anni	3 volte
palificate doppie e semplici	recupero fallanze	2 stag. veg.		
	potatura di formazione	2 e 4 stag. veg.	2 anni	2 volte
	diradamenti	6 stag. veg.	4 anni	1 volta
gradonate	recupero fallanze	2 stag. veg.		
	potatura di formazione	2 e 4 stag. veg.	2 anni	2 volte
	diradamenti	6 stag. veg.	4 anni	1 volta
	sfalci	2 stag. veg.		3 volte
gabbionate rinverdite	recupero fallanze	2 stag. veg.		
	potatura di formazione	2 e 4 stag. veg.	2 anni	2 volte
	diradamenti	6 stag. veg.	4 anni	1 volta
graticciate vive	potatura di formazione	2 e 4 stag. veg.	2 anni	2 volte
	diradamenti	6 stag. veg.	4 anni	1 volta
drenaggi	diradamenti	6 stag. veg.	4 anni	1 volta
repellenti vivi	recupero fallanze	2 stag. veg.		
	potatura di formazione	2 e 4 stag. veg.	2 anni	2 volte
	diradamenti	6 stag. veg.	4 anni	1 volta
coperture diffuse	potatura di formazione	2 e 4 stag. veg.	2 anni	2 volte
	diradamenti	6 stag. veg.	4 anni	1 volta

opera	tipo di intervento	periodo	turno	ripetizione del turno
scogliera con talee	protezione danni da animali	1 stag. veg.		
grate vive	protezione danni da animali	1 stag. veg.		
	sarchiature	2 stag. veg.	1 anno	2-3 volte
	concimazioni	1 stag. veg.	1 anno	2 volte
	sfalci infestanti	2 stag. veg.	1 anno	3 volte
	maglie di scolo	1 stag. veg.	1 anno	1 volta
palificate doppie e semplici	protezione danni da animali	1 stag. veg.		
	sfalci infestanti	2 stag. veg.	1 anno	3 volte
	maglie di scolo	1 stag. veg.	1 anno	1 volta
gradonate	protezione danni da animali	1 stag. veg.		
	sarchiature	2 stag. veg.	1 anno	2-3 volte
	concimazioni	1 stag. veg.	1 anno	2 volte
	sfalci infestanti	2 stag. veg.	1 anno	3 volte
	maglie di scolo	1 stag. veg.	1 anno	1 volta
graticciate vive	protezione danni da animali	1 stag. veg.		
	sarchiature	2 stag. veg.	1 anno	2-3 volte
	concimazioni	1 stag. veg.	1 anno	2 volte
	sfalci infestanti	2 stag. veg.	1 anno	3 volte
	maglie di scolo	1 stag. veg.	1 anno	1 volta

Foto G. Sauli

Svizzera Maienfeld
Gradonate a siepi cespuglio (solo piante radicate senza talee) **a pochi mesi dall'intervento**.

Foto G. Sauli

Svizzera Maienfeld
Gradonate a siepi cespuglio (solo piante radicate senza talee) **a due anni**.

Foto G. Sauli

Svizzera Maienfeld
Gradonate a siepi cespuglio (solo piante radicate senza talee) **a cinque anni**.

Foto G. Sauli

Svizzera Maienfeld
Interventi di manutenzione mediante tagli selettivi su Salici e Ontani .

Foto G. Sauli

Alto Adige
Gradonate vive di Salici di 8 anni prima degli interventi di taglio selettivo, con formazioni monospecifiche e coetanee di Salici e soffocamento delle altre latifoglie.

Foto G. Sauli

Svizzera Maienfeld
Interventi di manutenzione mediante tagli selettivi su Salici e Ontani **a dieci anni** per favorire le altre latifoglie.

Tipologia	1
Semina a spaglio	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0	19,02	0,00	17,23	0,00	19,10	0,00	19,29	0,00	21,61	0,00
Operaio comune	ora	0,02	17,47	0,35	15,96	0,32	17,47	0,35	17,74	0,35	19,77	0,40
				0,35		0,32		0,35		0,35		0,40
B) NOLI:												
				0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
C) MATERIALI:												
Miscela per sementi 50 g/m^2	Kg	0,05	3,60	0,18	3,60	0,18	3,60	0,18	3,60	0,18	3,60	0,18
				0,18		0,18		0,18		0,18		0,18
TOTALE COSTI			€/m^2	0,53	€/m^2	0,50	€/m^2	0,53	€/m^2	0,53	€/m^2	0,58
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	0,07	€/m2	0,07	€/m2	0,07	€/m2	0,07	€/m2	0,08
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	0,06	€/m2	0,06	€/m2	0,06	€/m2	0,06	€/m2	0,07
SICUREZZA 6%			€/m2	0,04	€/m2	0,04	€/m2	0,04	€/m2	0,04	€/m2	0,04
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2			€/m2	**0,70**	€/m2	**0,66**	€/m2	**0,70**	€/m2	**0,71**	€/m2	**0,76**

Tipologia	2
Idrosemina	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,01	19,02	0,19	17,23	0,17	19,10	0,19	19,29	0,19	21,61	0,22
Operaio comune	ora	0,01	17,47	0,17	15,96	0,16	17,47	0,17	17,74	0,18	19,77	0,20
				0,36		0,33		0,37		0,37		0,41
B) NOLI:												
Idroseminatrice	ora	0,010	36,10	0,36	36,10	0,36	36,10	0,36	36,10	0,36	36,10	0,36
				0,36		0,36		0,36		0,36		0,36
C) MATERIALI:												
Miscela sementi	kg	0,04	3,60	0,14	3,60	0,14	3,60	0,14	3,60	0,14	3,60	0,14
Fertilizzanti organici	kg	0,06	0,50	0,03	0,50	0,03	0,50	0,03	0,50	0,03	0,50	0,03
Collante organico	kg	0,07	2,40	0,17	2,40	0,17	2,40	0,17	2,40	0,17	2,40	0,17
				0,34		0,34		0,34		0,34		0,34
TOTALE COSTI			€/m²	1,07	€/m²	1,03	€/m²	1,07	€/m²	1,07	€/m²	1,12

PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2	0,15	€/m2	0,14	€/m2	0,15	€/m2	0,15	€/m2	0,16
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2	0,12	€/m2	0,12	€/m2	0,12	€/m2	0,12	€/m2	0,13
SICUREZZA 6%	€/m2	0,08	€/m2	0,08	€/m2	0,08	€/m2	0,08	€/m2	0,08
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2	€/m2	**1,42**	€/m2	**1,38**	€/m2	**1,42**	€/m2	**1,43**	€/m2	**1,48**

Tipologia	3
Biotessile in juta	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,08	19,02	1,52	17,23	1,38	19,10	1,53	19,29	1,54	21,61	1,73
Operaio comune	ora	0,08	17,47	1,40	15,96	1,28	17,47	1,40	17,74	1,42	19,77	1,58
				2,92		2,66		2,93		2,96		3,31
B) NOLI:												
				0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
C) MATERIALI:												
Stuoia in fibra naturale di juta	m^2	1	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80
Picchetti acciaio e staffe	Kg	1,40	0,80	1,12	0,80	1,12	0,80	1,12	0,80	1,12	0,80	1,12
Talee di salice o tamerice	cad	1	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Semina	m^2	1	0,53	0,53	0,50	0,50	0,53	0,53	0,53	0,53	0,58	0,58
				4,25		4,22		4,25		4,25		4,30
TOTALE COSTI			€/m^2	7,17	€/m^2	6,88	€/m^2	7,18	€/m^2	7,21	€/m^2	7,61

PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2	1,00	€/m2	0,96	€/m2	1,00	€/m2	1,01	€/m2	1,07
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2	0,82	€/m2	0,78	€/m2	0,82	€/m2	0,82	€/m2	0,87
SICUREZZA 6%	€/m2	0,54	€/m2	0,52	€/m2	0,54	€/m2	0,54	€/m2	0,57
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2	€/m2	**9,53**	€/m2	**9,14**	€/m2	**9,54**	€/m2	**9,59**	€/m2	**10,12**

Tipologia	4
Biostuoia in fibra vegetale (cocco, paglia, mista cocco e paglia)	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,08	19,02	1,52	17,23	1,38	19,10	1,53	19,29	1,54	21,61	1,73
Operaio comune	ora	0,08	17,47	1,40	15,96	1,28	17,47	1,40	17,74	1,42	19,77	1,58
				2,92		2,66		2,93		2,96		3,31
B) NOLI:												
				0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
C) MATERIALI:												
biostuoia preseminata	m^2	1	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
picchetti in ferro	kg	0,70	0,80	0,56	0,80	0,56	0,80	0,56	0,80	0,56	0,80	0,56
Talee salice o tamerice	cad	1	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
staffe	kg	0,70	5,00	3,50	5,00	3,50	5,00	3,50	5,00	3,50	5,00	3,50
				7,36		7,36		7,36		7,36		7,36
TOTALE COSTI			€/m^2	10,28	€/m^2	10,02	€/m^2	10,29	€/m^2	10,32	€/m^2	10,67

PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2	1,44	€/m2	1,40	€/m2	1,44	€/m2	1,45	€/m2	1,49
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2	1,17	€/m2	1,14	€/m2	1,17	€/m2	1,18	€/m2	1,22
SICUREZZA 6%	€/m2	0,77	€/m2	0,75	€/m2	0,77	€/m2	0,78	€/m2	0,80
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2	€/m2	**13,66**	€/m2	**13,31**	€/m2	**13,67**	€/m2	**13,72**	€/m2	**14,18**

Tipologia	5
Biotessile in cocco	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,08	19,02	1,52	17,23	1,38	19,10	1,53	19,29	1,54	21,61	1,73
Operaio comune	ora	0,08	17,47	1,40	15,96	1,28	17,47	1,40	17,74	1,42	19,77	1,58
				2,92		2,66		2,93		2,96		3,31
B) NOLI:												
				0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
C) MATERIALI:												
biotessile in cocco	m^2	1	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
picchetti in ferro	kg	0,70	0,80	0,56	0,80	0,56	0,80	0,56	0,80	0,56	0,80	0,56
staffe	kg	0,70	5,00	3,50	5,00	3,50	5,00	3,50	5,00	3,50	5,00	3,50
Talee salice o tamerice	cad	1	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Semina	m^2	1	0,53	0,53	0,50	0,50	0,53	0,53	0,53	0,53	0,58	0,58
				10,39		10,36		10,39		10,39		10,44
TOTALE COSTI			€/m^2	13,31	€/m^2	13,02	€/m^2	13,32	€/m^2	13,35	€/m^2	13,75

PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2	1,86	€/m2	1,82	€/m2	1,86	€/m2	1,87	€/m2	1,93
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2	1,52	€/m2	1,48	€/m2	1,52	€/m2	1,52	€/m2	1,57
SICUREZZA 6%	€/m2	1,00	€/m2	0,98	€/m2	1,00	€/m2	1,00	€/m2	1,03
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2	€/m2	**17,69**	€/m2	**17,30**	€/m2	**17,70**	€/m2	**17,75**	€/m2	**18,28**

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,08	19,02	1,52	17,23	1,38	19,10	1,53	19,29	1,54	21,61	1,73
Operaio comune	ora	0,08	17,47	1,40	15,96	1,28	17,47	1,40	17,74	1,42	19,77	1,58
				2,92		2,66		2,93		2,96		3,31
B) NOLI:												
				0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
C) MATERIALI:												
biorete in cocco	m^2	1	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60
picchetti in ferro	kg	1,40	0,80	1,12	0,80	1,12	0,80	1,12	0,80	1,12	0,80	1,12
staffe	kg	1,40	5,00	7,00	5,00	7,00	5,00	7,00	5,00	7,00	5,00	7,00
talee salice o tamerice	cad	1	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
semina	m^2	1	0,53	0,53	0,50	0,50	0,53	0,53	0,53	0,53	0,58	0,58
				13,05		13,02		13,05		13,05		13,10
TOTALE COSTI			€/m^2	15,97	€/m^2	15,68	€/m^2	15,98	€/m^2	16,01	€/m^2	16,41

PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2	2,24	€/m2	2,19	€/m2	2,24	€/m2	2,24	€/m2	2,30
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2	1,82	€/m2	1,79	€/m2	1,82	€/m2	1,83	€/m2	1,87
SICUREZZA 6%	€/m2	1,20	€/m2	1,18	€/m2	1,20	€/m2	1,20	€/m2	1,23
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2	€/m2	**21,23**	€/m2	**20,84**	€/m2	**21,24**	€/m2	**21,28**	€/m2	**21,81**

Tipologia	7
Geostuoia tridimensionale sintetica	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,1	19,02	1,90	17,23	1,72	19,10	1,91	19,29	1,93	21,61	2,16
Operaio comune	ora	0,1	17,47	1,75	15,96	1,60	17,47	1,75	17,74	1,77	19,77	1,98
				3,65		3,32		3,66		3,70		4,14
B) NOLI:												
				0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
C) MATERIALI:												
Geostuoia tridimensionale in materiale sintetico	m^2	1	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80
Terreno vegetale	m^3	0,02	10,10	0,20	10,10	0,20	10,10	0,20	10,10	0,20	10,10	0,20
Picchetti o staffe acciaio	Kg	1,40	0,80	1,12	0,80	1,12	0,80	1,12	0,80	1,12	0,80	1,12
Semina	m^2	1	0,53	0,53	0,50	0,50	0,53	0,53	0,53	0,53	0,58	0,58
Talee di salice o tamerice	cad	1	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
				9,45		9,42		9,45		9,45		9,50
TOTALE COSTI			€/m^2	13,10	€/m^2	12,74	€/m^2	13,11	€/m^2	13,16	€/m^2	13,64

PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2	1,83	€/m2	1,78	€/m2	1,84	€/m2	1,84	€/m2	1,91
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2	1,49	€/m2	1,45	€/m2	1,49	€/m2	1,50	€/m2	1,55
SICUREZZA 6%	€/m2	0,99	€/m2	0,96	€/m2	0,99	€/m2	0,99	€/m2	1,03
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2	€/m2	**17,41**	€/m2	**16,94**	€/m2	**17,43**	€/m2	**17,49**	€/m2	**18,13**

Tipologia	8
Geostuoia tridimensionale sintetica bitumata in opera a freddo	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,25	19,02	4,76	17,23	4,31	19,10	4,78	19,29	4,82	21,61	5,40
Operaio comune	ora	0,5	17,47	8,74	15,96	7,98	17,47	8,74	17,74	8,87	19,77	9,89
				13,49		12,29		13,51		13,69		15,29
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,02	31,00	0,62	31,00	0,62	31,00	0,62	31,00	0,62	31,00	0,62
Escavatore	ora	0,02	41,30	0,83	41,30	0,83	41,30	0,83	41,30	0,83	41,30	0,83
Pompa irroratrice	ora	0,01	25,80	0,26	25,80	0,26	25,80	0,26	25,80	0,26	25,80	0,26
				1,70		1,70		1,70		1,70		1,70
C) MATERIALI:												
Geostuoia tridimensionale in materiale sintetico	m^2	1	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80
Sfridi	%	55		3,74		3,74		3,74		3,74		3,74
Ghiaino	Kg	20	1,24	24,80	1,24	24,80	1,24	24,80	1,24	24,80	1,24	24,80
Bitume	Kg	1,5	1,00	1,50	1,00	1,50	1,00	1,50	1,00	1,50	1,00	1,50
Picchetti o staffe acciaio	Kg	1,4	5,00	7,00	5,00	7,00	5,00	7,00	5,00	7,00	5,00	7,00
Idrosemina	m^2	1	1,07	1,07	1,03	1,03	1,07	1,07	1,07	1,07	1,12	1,12
Talee di salice o tamerice	cad	1	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
				45,71		45,67		45,71		45,71		45,76
TOTALE COSTI			€/m^2	60,90	€/m^2	59,66	€/m^2	60,92	€/m^2	61,11	€/m^2	62,75

PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2	8,53	€/m2	8,35	€/m2	8,53	€/m2	8,55	€/m2	8,79
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2	6,94	€/m2	6,80	€/m2	6,95	€/m2	6,97	€/m2	7,15
SICUREZZA 6%	€/m2	4,58	€/m2	4,49	€/m2	4,58	€/m2	4,60	€/m2	4,72
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2	€/m2	**80,96**	€/m2	**79,30**	€/m2	**80,98**	€/m2	**81,23**	€/m2	**83,41**

Tipologia	9
Geostuoia tridimensionale sintetica prebitumata industrialmente a caldo	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,08	19,02	1,52	17,23	1,38	19,10	1,53	19,29	1,54	21,61	1,73
Operaio comune	ora	0,1	17,47	1,75	15,96	1,60	17,47	1,75	17,74	1,77	19,77	1,98
				3,27		2,97		3,28		3,32		3,71
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,05	31,00	1,55	31,00	1,55	31,00	1,55	31,00	1,55	31,00	1,55
Escavatore	ora	0,05	41,30	2,07	41,30	2,07	41,30	2,07	41,30	2,07	41,30	2,07
				3,62		3,62		3,62		3,62		3,62
C) MATERIALI:												
Geostuoia tridimensionale in materiale sintetico prebitumata a caldo	m^2	1	33,60	33,60	33,60	33,60	33,60	33,60	33,60	33,60	33,60	33,60
Picchetti o staffe acciaio a.m.	kg	1,4	5,00	7,00	5,00	7,00	5,00	7,00	5,00	7,00	5,00	7,00
talee	cad	1	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Idrosemina	m^2	1	1,07	1,07	1,03	1,03	1,07	1,07	1,07	1,07	1,12	1,12
				42,47		42,43		42,47		42,47		42,52
TOTALE COSTI			€/m^2	49,35	€/m^2	49,02	€/m^2	49,36	€/m^2	49,40	€/m^2	49,84
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)		€/m2		6,91	€/m2	6,86	€/m2	6,91	€/m2	6,92	€/m2	6,98
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)		€/m2		5,63	€/m2	5,59	€/m2	5,63	€/m2	5,63	€/m2	5,68
SICUREZZA 6%		€/m2		3,71	€/m2	3,69	€/m2	3,71	€/m2	3,72	€/m2	3,75
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2		€/m2		**65,60**	€/m2	**65,16**	€/m2	**65,61**	€/m2	**65,67**	€/m2	**66,25**

Tipologia	10
Rivestimento vegetativo spondale in rete metallica a doppia torsione e geostuoia tridimensionale	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,8	19,02	15,22	17,23	13,78	19,10	15,28	19,29	15,43	21,61	17,29
Operaio comune	ora	0,8	17,47	13,98	15,96	12,77	17,47	13,98	17,74	14,19	19,77	15,82
				29,19		26,55		29,26		29,62		33,10
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,06	31,00	1,86	31,00	1,86	31,00	1,86	31,00	1,86	31,00	1,86
Verricello	ora	0,30	6,20	1,86	6,20	1,86	6,20	1,86	6,20	1,86	6,20	1,86
Compressore con pistola perforatrice	ora	0,20	18,60	3,72	18,60	3,72	18,60	3,72	18,60	3,72	18,60	3,72
				7,44		7,44		7,44		7,44		7,44
C) MATERIALI:												
geostuoia tridimensionale abbinata a rete metallica	m^2	1	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00
Barre	cad	0,50	4,00	2,00	4,00	2,00	4,00	2,00	4,00	2,00	4,00	2,00
picchetti in tondino di ferro	kg	2,80	0,80	2,24	0,80	2,24	0,80	2,24	0,80	2,24	0,80	2,24
staffe in tondino di ferro	kg	1,40	0,60	0,84	0,60	0,84	0,60	0,84	0,60	0,84	0,60	0,84
fune di acciaio	m	0,20	2,00	0,40	2,00	0,40	2,00	0,40	2,00	0,40	2,00	0,40
malta cementizia antiritiro	kg	0,20	0,90	0,18	0,90	0,18	0,90	0,18	0,90	0,18	0,90	0,18
idrosemina	m^2	1	1,07	1,07	1,03	1,03	1,07	1,07	1,07	1,07	1,12	1,12
morsetto serrafune d'acciaio	cad	2	1,80	3,60	1,80	3,60	1,80	3,60	1,80	3,60	1,80	3,60
				19,33		19,29		19,33		19,33		19,38
TOTALE COSTI			€/m^2	55,96	€/m^2	53,28	€/m^2	56,03	€/m^2	56,39	€/m^2	59,92
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2		7,83	€/m2	7,46	€/m2	7,84	€/m2	7,90	€/m2	8,39	
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2		6,38	€/m2	6,07	€/m2	6,39	€/m2	6,43	€/m2	6,83	
SICUREZZA 6%	€/m2		4,21	€/m2	4,01	€/m2	4,22	€/m2	4,24	€/m2	4,51	
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2	€/m2		**74,39**	€/m2	**70,82**	€/m2	**74,47**	€/m2	**74,96**	€/m2	**79,65**	

Tipologia	11
Messa a dimora di talee	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,05	19,02	0,95	17,23	0,86	19,10	0,96	19,29	0,96	21,61	1,08
Operaio comune	ora	0,05	17,47	0,87	15,96	0,80	17,47	0,87	17,74	0,89	19,77	0,99
				1,82		1,66		1,83		1,85		2,07
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,002	31,00	0,06	31,00	0,06	31,00	0,06	31,00	0,06	31,00	0,06
Motosega	ora	0,003	3,20	0,01	3,20	0,01	3,20	0,01	3,20	0,01	3,20	0,01
				0,07		0,07		0,07		0,07		0,07
C) MATERIALI:												
Talee	cad	1	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
				0,80		0,80		0,80		0,80		0,80
TOTALE COSTI			€/cad	2,70	€/cad	2,53	€/cad	2,70	€/cad	2,72	€/cad	2,94
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza			€/cad	0,38	€/cad	0,35	€/cad	0,38	€/cad	0,38	€/cad	0,41
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza			€/cad	0,31	€/cad	0,29	€/cad	0,31	€/cad	0,31	€/cad	0,34
SICUREZZA 6%			€/cad	0,20	€/cad	0,19	€/cad	0,20	€/cad	0,20	€/cad	0,22
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A cad			€/cad	**3,58**	€/cad	**3,36**	€/cad	**3,59**	€/cad	**3,62**	€/cad	**3,91**

Tipologia	12
Piantagione di arbusti	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0,01	20,37	0,20	18,30	0,18	20,29	0,20	20,50	0,21	23,01	0,23
Operaio qualificato	ora	0,06	19,02	1,14	17,23	1,03	19,10	1,15	19,29	1,16	21,61	1,30
Operaio comune	ora	0,1	17,47	1,75	15,96	1,60	17,47	1,75	17,74	1,77	19,77	1,98
				3,09		2,81		3,10		3,14		3,50
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,01	31,00	0,31	31,00	0,31	31,00	0,31	31,00	0,31	31,00	0,31
Trattore con cisterna	ora	0,04	32,20	1,29	32,20	1,29	32,20	1,29	32,20	1,29	32,20	1,29
				1,60		1,60		1,60		1,60		1,60
C) MATERIALI:												
Pianta in vasetto o zolla	cad	1	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50
Pacciamatura	cad	1	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
				7,80		7,80		7,80		7,80		7,80
TOTALE COSTI			€/cad	12,49	€/cad	12,21	€/cad	12,49	€/cad	12,53	€/cad	12,90
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/cad	1,75	€/cad	1,71	€/cad	1,75	€/cad	1,75	€/cad	1,81
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/cad	1,42	€/cad	1,39	€/cad	1,42	€/cad	1,43	€/cad	1,47
SICUREZZA 6%			€/cad	0,94	€/cad	0,92	€/cad	0,94	€/cad	0,94	€/cad	0,97
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A cad			€/cad	**16,60**	€/cad	**16,23**	€/cad	**16,61**	€/cad	**16,66**	€/cad	**17,15**

Tipologia	13
Piantagione di alberi	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0,01	20,37	0,20	18,30	0,18	20,29	0,20	20,50	0,21	23,01	0,23
Operaio qualificato	ora	0,06	19,02	1,14	17,23	1,03	19,10	1,15	19,29	1,16	21,61	1,30
Operaio comune	ora	0,15	17,47	2,62	15,96	2,39	17,47	2,62	17,74	2,66	19,77	2,97
				3,97		3,61		3,97		4,02		4,49
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,01	31,00	0,31	31,00	0,31	31,00	0,31	31,00	0,31	31,00	0,31
Trattore con cisterna	ora	0,04	32,20	1,29	32,20	1,29	32,20	1,29	32,20	1,29	32,20	1,29
				1,60		1,60		1,60		1,60		1,60
C) MATERIALI:												
Pianta in vasetto o zolla	cad	1	12,20	12,20	12,20	12,20	12,20	12,20	12,20	12,20	12,20	12,20
Palo tutore	cad	1	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
Pacciamatura	cad	1	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
				14,80		14,80		14,80		14,80		14,80
TOTALE COSTI			€/cad	20,36	€/cad	20,01	€/cad	20,37	€/cad	20,42	€/cad	20,89
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/cad	2,85	€/cad	2,80	€/cad	2,85	€/cad	2,86	€/cad	2,92
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/cad	2,32	€/cad	2,28	€/cad	2,32	€/cad	2,33	€/cad	2,38
SICUREZZA 6%			€/cad	1,53	€/cad	1,51	€/cad	1,53	€/cad	1,54	€/cad	1,57
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A cad			€/cad	**27,07**	€/cad	**26,60**	€/cad	**27,07**	€/cad	**27,14**	€/cad	**27,77**

Tipologia	14
Trapianto di rizomi e cespi	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,05	19,02	0,95	17,23	0,86	19,10	0,96	19,29	0,96	21,61	1,08
Operaio comune	ora	0,1	17,47	1,75	15,96	1,60	17,47	1,75	17,74	1,77	19,77	1,98
				2,70		2,46		2,70		2,74		3,06
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,005	31,00	0,16	31,00	0,16	31,00	0,16	31,00	0,16	31,00	0,16
Escavatore	ora	0,003	41,30	0,12	41,30	0,12	41,30	0,12	41,30	0,12	41,30	0,12
				0,28		0,28		0,28		0,28		0,28
C) MATERIALI:												
Rizomi e cespi	cad	5		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
Terreno vegetale	m^3	0,05	10,10	0,51	10,10	0,51	10,10	0,51	10,10	0,51	10,10	0,51
				0,51		0,51		0,51		0,51		0,51
TOTALE COSTI			€/m^2	3,48	€/m^2	3,24	€/m^2	3,49	€/m^2	3,52	€/m^2	3,84
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza			€/m2	0,49	€/m2	0,45	€/m2	0,49	€/m2	0,49	€/m2	0,54
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza			€/m2	0,40	€/m2	0,37	€/m2	0,40	€/m2	0,40	€/m2	0,44
SICUREZZA 6%			€/m2	0,26	€/m2	0,24	€/m2	0,26	€/m2	0,27	€/m2	0,29
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2			€/m2	**4,63**	€/m2	**4,31**	€/m2	**4,63**	€/m2	**4,68**	€/m2	**5,11**

Tipologia	15
Copertura diffusa con ramaglia viva	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	1,45	19,02	27,58	17,23	24,98	19,10	27,70	19,29	27,97	21,61	31,33
Operaio comune	ora	1,45	17,47	25,33	15,96	23,14	17,47	25,33	17,74	25,72	19,77	28,67
				52,91		48,13		53,03		53,69		60,00
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,04	31,00	1,24	31,00	1,24	31,00	1,24	31,00	1,24	31,00	1,24
Escavatore	ora	0,05	41,30	2,07	41,30	2,07	41,30	2,07	41,30	2,07	41,30	2,07
				3,31		3,31		3,31		3,31		3,31
C) MATERIALI:												
Ramaglia	cad	20	0,90	18,00	0,90	18,00	0,90	18,00	0,90	18,00	0,90	18,00
Terreno	m^3	0,1	10,10	1,01	10,10	1,01	10,10	1,01	10,10	1,01	10,10	1,01
Paletto in legno	cad	2	1,30	2,60	1,30	2,60	1,30	2,60	1,30	2,60	1,30	2,60
Filo di ferro	Kg	0,18	0,80	0,14	0,80	0,14	0,80	0,14	0,80	0,14	0,80	0,14
				21,75		21,75		21,75		21,75		21,75
TOTALE COSTI			€/m	77,97	€/m	73,18	€/m	78,09	€/m	78,75	€/m	85,06
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza			€/m	10,92	€/m	10,25	€/m	10,93	€/m	11,03	€/m	11,91
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza			€/m	8,89	€/m	8,34	€/m	8,90	€/m	8,98	€/m	9,70
SICUREZZA 6%			€/m	5,87	€/m	5,51	€/m	5,88	€/m	5,93	€/m	6,40
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m			€/m	**103,64**	€/m	**97,28**	€/m	**103,79**	€/m	**104,68**	€/m	**113,07**

Tipologia	16
Copertura diffusa con culmi di canna	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	1	19,02	19,02	17,23	17,23	19,10	19,10	19,29	19,29	21,61	21,61
Operaio comune	ora	1	17,47	17,47	15,96	15,96	17,47	17,47	17,74	17,74	19,77	19,77
				36,49		33,19		36,57		37,03		41,38
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,02	31,00	0,62	31,00	0,62	31,00	0,62	31,00	0,62	31,00	0,62
				0,62		0,62		0,62		0,62		0,62
C) MATERIALI:												
Culmi di canna	cad	60										
Paletto in legno	cad	2,00	1,30	2,60	1,30	2,60	1,30	2,60	1,30	2,60	1,30	2,60
Filo di ferro	Kg	0,18	0,80	0,14	0,80	0,14	0,80	0,14	0,80	0,14	0,80	0,14
				2,74		2,74		2,74		2,74		2,74
TOTALE COSTI			€/m	39,85	€/m	36,55	€/m	39,93	€/m	40,39	€/m	44,74
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza			€/m	5,58	€/m	5,12	€/m	5,59	€/m	5,66	€/m	6,26
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza			€/m	4,54	€/m	4,17	€/m	4,55	€/m	4,60	€/m	5,10
SICUREZZA 6%			€/m	3,00	€/m	2,75	€/m	3,00	€/m	3,04	€/m	3,37
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m			€/m	**52,98**	€/m	**48,59**	€/m	**53,08**	€/m	**53,69**	€/m	**59,48**

Tipologia	17
Viminata viva spondale	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,4	19,02	7,61	17,23	6,89	19,10	7,64	19,29	7,72	21,61	8,64
Operaio comune	ora	0,4	17,47	6,99	15,96	6,38	17,47	6,99	17,74	7,10	19,77	7,91
				14,60		13,28		14,63		14,81		16,55
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,02	31,00	0,62	31,00	0,62	31,00	0,62	31,00	0,62	31,00	0,62
				0,62		0,62		0,62		0,62		0,62
C) MATERIALI:												
verghe vive di salice	cad	8	0,80	6,40	0,80	6,40	0,80	6,40	0,80	6,40	0,80	6,40
paletti di legno	cad	1	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
filo di ferro cotto	kg	0,3	0,80	0,24	0,80	0,24	0,80	0,24	0,80	0,24	0,80	0,24
				7,94		7,94		7,94		7,94		7,94
TOTALE COSTI			€/m	23,16	€/m	21,84	€/m	23,19	€/m	23,37	€/m	25,11

PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m	3,24	€/m	3,06	€/m	3,25	€/m	3,27	€/m	3,52
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m	2,64	€/m	2,49	€/m	2,64	€/m	2,66	€/m	2,86
SICUREZZA 6%	€/m	1,74	€/m	1,64	€/m	1,74	€/m	1,76	€/m	1,89
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m	€/m	**30,78**	€/m	**29,03**	€/m	**30,82**	€/m	**31,07**	€/m	**33,38**

Tipologia	18
Fascinata viva spondale	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,25	19,02	4,76	17,23	4,31	19,10	4,78	19,29	4,82	21,61	5,40
Operaio comune	ora	0,25	17,47	4,37	15,96	3,99	17,47	4,37	17,74	4,44	19,77	4,94
				9,12		8,30		9,14		9,26		10,35
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,02	31,00	0,62	31,00	0,62	31,00	0,62	31,00	0,62	31,00	0,62
				0,62		0,62		0,62		0,62		0,62
C) MATERIALI:												
verghe vive di salice	cad	20	0,80	16,00	0,80	16,00	0,80	16,00	0,80	16,00	0,80	16,00
picchetti	kg	1,4	1,30	1,82	1,30	1,82	1,30	1,82	1,30	1,82	1,30	1,82
filo di ferro	kg	0,6	0,80	0,48	0,80	0,48	0,80	0,48	0,80	0,48	0,80	0,48
				18,30		18,30		18,30		18,30		18,30
TOTALE COSTI			€/m	28,04	€/m	27,22	€/m	28,06	€/m	28,18	€/m	29,27
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m	3,93	€/m	3,81	€/m	3,93	€/m	3,94	€/m	4,10
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m	3,20	€/m	3,10	€/m	3,20	€/m	3,21	€/m	3,34
SICUREZZA 6%			€/m	2,11	€/m	2,05	€/m	2,11	€/m	2,12	€/m	2,20
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m			€/m	**37,28**	€/m	**36,18**	€/m	**37,30**	€/m	**37,45**	€/m	**38,90**

Tipologia	19
Fascinata sommersa	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,25	19,02	4,76	17,23	4,31	19,10	4,78	19,29	4,82	21,61	5,40
Operaio comune	ora	0,25	17,47	4,37	15,96	3,99	17,47	4,37	17,74	4,44	19,77	4,94
				9,12		8,30		9,14		9,26		10,35
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,02	31,00	0,62	31,00	0,62	31,00	0,62	31,00	0,62	31,00	0,62
				0,62		0,62		0,62		0,62		0,62
C) MATERIALI:												
verghe morte	cad	20	0,20	4,00	0,20	4,00	0,20	4,00	0,20	4,00	0,20	4,00
picchetti	kg	1,4	1,30	1,82	1,30	1,82	1,30	1,82	1,30	1,82	1,30	1,82
filo di ferro	kg	0,6	0,80	0,48	0,80	0,48	0,80	0,48	0,80	0,48	0,80	0,48
				6,30		6,30		6,30		6,30		6,30
TOTALE COSTI			€/m	16,04	€/m	15,22	€/m	16,06	€/m	16,18	€/m	17,27
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m	2,25	€/m	2,13	€/m	2,25	€/m	2,26	€/m	2,42
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m	1,83	€/m	1,73	€/m	1,83	€/m	1,84	€/m	1,97
SICUREZZA 6%			€/m	1,21	€/m	1,14	€/m	1,21	€/m	1,22	€/m	1,30
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m			€/m	**21,32**	€/m	**20,23**	€/m	**21,35**	€/m	**21,50**	€/m	**22,95**

Tipologia	20
Fascinata spondale viva con culmi di canna	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,15	19,02	2,85	17,23	2,58	19,10	2,87	19,29	2,89	21,61	3,24
Operaio comune	ora	0,25	17,47	4,37	15,96	3,99	17,47	4,37	17,74	4,44	19,77	4,94
				7,22		6,57		7,23		7,33		8,18
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,02	31,00	0,62	31,00	0,62	31,00	0,62	31,00	0,62	31,00	0,62
				0,62		0,62		0,62		0,62		0,62
C) MATERIALI:												
culmi di canna				0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
paletti in legno	cad	1	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
filo di ferro	kg	0,6	0,80	0,48	0,80	0,48	0,80	0,48	0,80	0,48	0,80	0,48
				1,78		1,78		1,78		1,78		1,78
TOTALE COSTI			€/m	9,62	€/m	8,97	€/m	9,63	€/m	9,73	€/m	10,58
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m	1,35	€/m	1,26	€/m	1,35	€/m	1,36	€/m	1,48
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m	1,10	€/m	1,02	€/m	1,10	€/m	1,11	€/m	1,21
SICUREZZA 6%			€/m	0,72	€/m	0,68	€/m	0,72	€/m	0,73	€/m	0,80
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m			€/m	**12,79**	€/m	**11,93**	€/m	**12,80**	€/m	**12,93**	€/m	**14,07**

Tipologia	22
Ribalta viva	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0,00	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	1,00	19,02	19,02	17,23	17,23	19,10	19,10	19,29	19,29	21,61	21,61
Operaio comune	ora	1,00	17,47	17,47	15,96	15,96	17,47	17,47	17,74	17,74	19,77	19,77
				36,49		33,19		36,57		37,03		41,38
B) NOLI:												
				0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
C) MATERIALI:												
Picchetti acciaio	Kg	1,8	0,80	1,44	0,80	1,44	0,80	1,44	0,80	1,44	0,80	1,44
Picchetti legno	cad	2	1,30	2,60	1,30	2,60	1,30	2,60	1,30	2,60	1,30	2,60
Filo di ferro	Kg	0,3	0,80	0,24	0,80	0,24	0,80	0,24	0,80	0,24	0,80	0,24
Talee di salice	cad	30	0,80	24,00	0,80	24,00	0,80	24,00	0,80	24,00	0,80	24,00
Verghe vive	cad	18	0,80	14,40	0,80	14,40	0,80	14,40	0,80	14,40	0,80	14,40
Verghe morte	cad	24	0,20	4,80	0,20	4,80	0,20	4,80	0,20	4,80	0,20	4,80
				47,48		47,48		47,48		47,48		47,48
TOTALE COSTI			€/m^2	83,97	€/m^2	80,67	€/m^2	84,05	€/m^2	84,51	€/m^2	88,86
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	11,76	€/m2	11,29	€/m2	11,77	€/m2	11,83	€/m2	12,44
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	9,57	€/m2	9,20	€/m2	9,58	€/m2	9,63	€/m2	10,13
SICUREZZA 6%			€/m2	6,32	€/m2	6,07	€/m2	6,32	€/m2	6,36	€/m2	6,69
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2			€/m2	**111,62**	€/m2	**107,23**	€/m2	**111,72**	€/m2	**112,33**	€/m2	**118,12**

Tipologia	23
Grata viva spondale	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,5	19,02	9,51	17,23	8,62	19,10	9,55	19,29	9,65	21,61	10,81
Operaio comune	ora	0,8	17,47	13,98	15,96	12,77	17,47	13,98	17,74	14,19	19,77	15,82
				23,49		21,38		23,53		23,84		26,62
B) NOLI:												
Autocarro	ore	0,10	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10
Pala meccanica	ore	0,50	41,30	20,65	41,30	20,65	41,30	20,65	41,30	20,65	41,30	20,65
Motosega a catena	ore	0,08	3,20	0,26	3,20	0,26	3,20	0,26	3,20	0,26	3,20	0,26
Generatore con trapano	ore	0,06	4,30	0,26	4,30	0,26	4,30	0,26	4,30	0,26	4,30	0,26
				24,26		24,26		24,26		24,26		24,26
C) MATERIALI:												
chiodi (spezzoni di acciaio dotati di punta)	cad	3	0,80	2,40	0,80	2,40	0,80	2,40	0,80	2,40	0,80	2,40
rete elettrosaldata	kg	1	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
talee di salice	cad	20	0,80	16,00	0,80	16,00	0,80	16,00	0,80	16,00	0,80	16,00
legname scortecciato	m^3	0,25	114,60	28,65	114,60	28,65	114,60	28,65	114,60	28,65	114,60	28,65
arbusti	cad	1	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50
idrosemina	m^2	1	1,07	1,07	1,03	1,03	1,07	1,07	1,07	1,07	1,12	1,12
				56,62		56,58		56,62		56,62		56,67
TOTALE COSTI			€/m^2	104,37	€/m^2	102,23	€/m^2	104,41	€/m^2	104,72	€/m^2	107,56
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	14,61	€/m2	14,31	€/m2	14,62	€/m2	14,66	€/m2	15,06
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	11,90	€/m2	11,65	€/m2	11,90	€/m2	11,94	€/m2	12,26
SICUREZZA 6%			€/m2	7,85	€/m2	7,69	€/m2	7,86	€/m2	7,88	€/m2	8,09
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2			€/m2	**138,73**	€/m2	**135,88**	€/m2	**138,79**	€/m2	**139,20**	€/m2	**142,97**

Tipologia	24
Palificata viva spondale con palo verticale frontale	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,7	19,02	13,31	17,23	12,06	19,10	13,37	19,29	13,50	21,61	15,13
Operaio comune	ora	0,8	17,47	13,98	15,96	12,77	17,47	13,98	17,74	14,19	19,77	15,82
				27,29		24,83		27,35		27,70		30,94
B) NOLI:												
Autocarro	ore	0,30	31,00	9,30	31,00	9,30	31,00	9,30	31,00	9,30	31,00	9,30
Ragno meccanico	ore	0,80	41,30	33,04	41,30	33,04	41,30	33,04	41,30	33,04	41,30	33,04
Motosega a catena	ore	0,30	3,20	0,96	3,20	0,96	3,20	0,96	3,20	0,96	3,20	0,96
Generatore con trapano	ore	0,06	4,30	0,26	4,30	0,26	4,30	0,26	4,30	0,26	4,30	0,26
Compressore con pistola	ore	0,30	18,60	5,58	18,60	5,58	18,60	5,58	18,60	5,58	18,60	5,58
				49,14		49,14		49,14		49,14		49,14
C) MATERIALI:												
chiodi (spezzoni di acciaio dotati di punta)	cad	4	0,80	3,20	0,80	3,20	0,80	3,20	0,80	3,20	0,80	3,20
cambre	kg	0,5	5,00	2,50	5,00	2,50	5,00	2,50	5,00	2,50	5,00	2,50
fascine vive di salice	cad	1	27,40	27,40	26,30	26,30	27,00	27,00	27,20	27,20	28,20	28,20
legname scortecciato	m^3	0,5	114,60	57,30	114,60	57,30	114,60	57,30	114,60	57,30	114,60	57,30
pietrame di riempimento	m^3	1	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60
talee salice o tamerice	cad	15	0,80	12,00	0,80	12,00	0,80	12,00	0,80	12,00	0,80	12,00
palo frontale	m^3	0,09	114,60	10,31	114,60	10,31	114,60	10,31	114,60	10,31	114,60	10,31
puntale in ferro	cad	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
				120,31		119,21		119,91		120,11		121,11
TOTALE COSTI			€/m	196,74	€/m	193,18	€/m	196,40	€/m	196,95	€/m	201,20
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m	27,54	€/m	27,05	€/m	27,50	€/m	27,57	€/m	28,17
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m	22,43	€/m	22,02	€/m	22,39	€/m	22,45	€/m	22,94
SICUREZZA 6%			€/m	14,80	€/m	14,53	€/m	14,78	€/m	14,82	€/m	15,14
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m			€/m	**261,52**	€/m	**256,78**	€/m	**261,06**	€/m	**261,79**	€/m	**267,44**

Tipologia	25
Palificata viva spondale	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0,00	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,7	19,02	13,31	17,23	12,06	19,10	13,37	19,29	13,50	21,61	15,13
Operaio comune	ora	0,8	17,47	13,98	15,96	12,77	17,47	13,98	17,74	14,19	19,77	15,82
				27,29		24,83		27,35		27,70		30,94
B) NOLI:												
Autocarro	ore	0,10	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10
Ragno meccanico	ore	0,70	41,30	28,91	41,30	28,91	41,30	28,91	41,30	28,91	41,30	28,91
Motosega a catena	ore	0,30	3,20	0,96	3,20	0,96	3,20	0,96	3,20	0,96	3,20	0,96
Generatore con trapano	ore	0,06	4,30	0,26	4,30	0,26	4,30	0,26	4,30	0,26	4,30	0,26
Compressore con pistola	ore	0,30	18,60	5,58	18,60	5,58	18,60	5,58	18,60	5,58	18,60	5,58
				38,81		38,81		38,81		38,81		38,81
C) MATERIALI:												
chiodi (spezzoni di acciaio dotati di punta)	cad	4	1,40	5,60	1,40	5,60	1,40	5,60	1,40	5,60	1,40	5,60
cambre	kg	0,50	5,00	2,50	5,00	2,50	5,00	2,50	5,00	2,50	5,00	2,50
fascine vive di salice	cad	1,50	27,40	41,10	26,30	39,45	27,00	40,50	27,20	40,80	28,20	42,30
legname scortecciato	m^3	0,50	114,60	57,30	114,60	57,30	114,60	57,30	114,60	57,30	114,60	57,30
talee salice o tamerice	cad	15	0,80	12,00	0,80	12,00	0,80	12,00	0,80	12,00	0,80	12,00
massi da scogliera	m^3	1	20,70	20,70	20,70	20,70	20,70	20,70	20,70	20,70	20,70	20,70
fune d'acciaio	m	1	2,00	2,40	2,00	2,40	2,00	2,40	2,00	2,40	2,00	2,40
malta cementizia	kg	2	0,80	1,60	0,80	1,60	0,80	1,60	0,80	1,60	0,80	1,60
morsetto serrafune	cad	1	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80
barra d'acciaio con asola	cad	1	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80
				147,80		146,15		147,20		147,50		149,00
TOTALE COSTI			€/m^2	213,90	€/m^2	209,79	€/m^2	213,35	€/m^2	214,00	€/m^2	218,75

PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2	29,95	€/m2	29,37	€/m2	29,87	€/m2	29,96	€/m2	30,63
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2	24,38	€/m2	23,92	€/m2	24,32	€/m2	24,40	€/m2	24,94
SICUREZZA 6%	€/m2	16,09	€/m2	15,78	€/m2	16,05	€/m2	16,10	€/m2	16,46
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2	€/m2	**284,32**	€/m2	**278,86**	€/m2	**283,60**	€/m2	**284,46**	€/m2	**290,77**

Tipologia	26
Palificata viva spondale *Roma*	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,6	19,02	11,41	17,23	10,34	19,10	11,46	19,29	11,57	21,61	12,97
Operaio comune	ora	1,2	17,47	20,96	15,96	19,15	17,47	20,96	17,74	21,29	19,77	23,72
				32,38		29,49		32,42		32,86		36,69
B) NOLI:												
Autocarro	ore	0,1	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10
Ragno meccanico	ore	0,60	41,30	24,78	41,30	24,78	41,30	24,78	41,30	24,78	41,30	24,78
Motosega a catena	ore	0,30	3,20	0,96	3,20	0,96	3,20	0,96	3,20	0,96	3,20	0,96
Generatore con trapano	ore	0,06	4,30	0,26	4,30	0,26	4,30	0,26	4,30	0,26	4,30	0,26
Compressore con pistola	ore	0,30	18,60	5,58	18,60	5,58	18,60	5,58	18,60	5,58	18,60	5,58
				34,68		34,68		34,68		34,68		34,68
C) MATERIALI:												
chiodi (spezzoni di acciaio dotati di punta)	cad	2	0,80	1,60	0,80	1,60	0,80	1,60	0,80	1,60	0,80	1,60
barre filettate in acciaio	cad	4	4,00	16,00	4,00	16,00	4,00	16,00	4,00	16,00	4,00	16,00
rete in acciaio doppia torsione plastificata	m^2	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
fascine vive di salice	cad	1,5	27,40	41,10	26,30	39,45	27,00	40,50	27,20	40,80	28,20	42,30
legname scortecciato	m^3	0,4	114,60	45,84	114,60	45,84	114,60	45,84	114,60	45,84	114,60	45,84
talee salice o tamerice	cad	15	0,80	12,00	0,80	12,00	0,80	12,00	0,80	12,00	0,80	12,00
massi da scogliera	m^3	1	20,70	20,70	20,70	20,70	20,70	20,70	20,70	20,70	20,70	20,70
fune d'acciaio	m	1,2	2,00	2,40	2,00	2,40	2,00	2,40	2,00	2,40	2,00	2,40
malta cementizia	kg	2	0,80	1,60	0,80	1,60	0,80	1,60	0,80	1,60	0,80	1,60
morsetto serrafune	cad	1	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80
barra d'acciaio con asola	cad	1	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80
				146,84		145,19		146,24		146,54		148,04
TOTALE COSTI			€/m^2	213,89	€/m^2	209,36	€/m^2	213,34	€/m^2	214,08	€/m^2	219,41
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)		€/m2		29,95	€/m2	29,31	€/m2	29,87	€/m2	29,97	€/m2	30,72
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)		€/m2		24,38	€/m2	23,87	€/m2	24,32	€/m2	24,41	€/m2	25,01
SICUREZZA 6%		€/m2		16,09	€/m2	15,75	€/m2	16,05	€/m2	16,11	€/m2	16,51
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2		€/m2		**284,32**	€/m2	**278,29**	€/m2	**283,58**	€/m2	**284,56**	€/m2	**291,65**

Tipologia	27
Pennelli e repellenti vivi	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,5	19,02	9,51	17,23	8,62	19,10	9,55	19,29	9,65	21,61	10,81
Operaio comune	ora	0,5	17,47	8,74	15,96	7,98	17,47	8,74	17,74	8,87	19,77	9,89
				18,25		16,60		18,29		18,52		20,69
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,1	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10
				3,10		3,10		3,10		3,10		3,10
C) MATERIALI:												
Verghe vive	cad	10	0,80	8,00	0,80	8,00	0,80	8,00	0,80	8,00	0,80	8,00
Fascine vive	m	1	27,40	27,40	26,30	26,30	27,00	27,00	27,20	27,20	28,20	28,20
Picchetti in acciaio	kg	1,4	0,80	1,12	0,80	1,12	0,80	1,12	0,80	1,12	0,80	1,12
Filo di ferro	kg	0,18	0,80	0,14	0,80	0,14	0,80	0,14	0,80	0,14	0,80	0,14
Paletti in legno	cad	2	1	2,00	1,00	2,00	1,00	2,00	1,00	2,00	1,00	2,00
				38,66		37,56		38,26		38,46		39,46
TOTALE COSTI			€/m	60,01	€/m	57,26	€/m	59,65	€/m	60,08	€/m	63,25

PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m	8,40	€/m	8,02	€/m	8,35	€/m	8,41	€/m	8,86
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m	6,84	€/m	6,53	€/m	6,80	€/m	6,85	€/m	7,21
SICUREZZA 6%	€/m	4,52	€/m	4,31	€/m	4,49	€/m	4,52	€/m	4,76
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m	€/m	**79,77**	€/m	**76,11**	€/m	**79,29**	€/m	**79,86**	€/m	**84,08**

Tipologia	28
Rullo spondale con zolle (pani) di canna	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,3	19,02	5,71	17,23	5,17	19,10	5,73	19,29	5,79	21,61	6,48
Operaio comune	ora	0,3	17,47	5,24	15,96	4,79	17,47	5,24	17,74	5,32	19,77	5,93
				10,95		9,96		10,97		11,11		12,41
B) NOLI:												
				0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
C) MATERIALI:												
Rete metallica	m^2	1,5	3,90	5,85	3,90	5,85	3,90	5,85	3,90	5,85	3,90	5,85
Geostuoia	m^2	1,5	6,80	10,20	6,80	10,20	6,80	10,20	6,80	10,20	6,80	10,20
Tout venant sabbioso	m^3	0,12	22,90	2,75	22,90	2,75	22,90	2,75	22,90	2,75	22,90	2,75
Zolle di canne (dal selvatico)	cad	3	1,40	4,20	1,40	4,20	1,40	4,20	1,40	4,20	1,40	4,20
Pali in legno	kg	0,02	114,60	2,29	114,60	2,29	114,60	2,29	114,60	2,29	114,60	2,29
Filo di ferro	kg	0,18	0,80	0,14	0,80	0,14	0,80	0,14	0,80	0,14	0,80	0,14
				25,43		25,43		25,43		25,43		25,43
TOTALE COSTI			€/m	36,38	€/m	35,39	€/m	36,41	€/m	36,54	€/m	37,85
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza			€/m	5,09	€/m	4,95	€/m	5,10	€/m	5,12	€/m	5,30
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza			€/m	4,15	€/m	4,03	€/m	4,15	€/m	4,17	€/m	4,31
SICUREZZA 6%			€/m	2,74	€/m	2,66	€/m	2,74	€/m	2,75	€/m	2,85
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m			€/m	**48,36**	€/m	**47,04**	€/m	**48,39**	€/m	**48,57**	€/m	**50,31**

Tipologia	29
Rullo con ramaglia viva	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,1	19,02	1,90	17,23	1,72	19,10	1,91	19,29	1,93	21,61	2,16
Operaio comune	ora	0,15	17,47	2,62	15,96	2,39	17,47	2,62	17,74	2,66	19,77	2,97
				4,52		4,12		4,53		4,59		5,13
B) NOLI:												
Pala caricatrice articolata	ora	0,2	41,30	8,26	41,30	8,26	41,30	8,26	41,30	8,26	41,30	8,26
				8,26		8,26		8,26		8,26		8,26
C) MATERIALI:												
Rete metallica	m^2	1,5	3,90	5,85	3,90	5,85	3,90	5,85	3,90	5,85	3,90	5,85
Filo di ferro	kg	0,18	0,80	0,14	0,80	0,14	0,80	0,14	0,80	0,14	0,80	0,14
Verghe di salice vive	cad	10	0,80	8,00	0,80	8,00	0,80	8,00	0,80	8,00	0,80	8,00
Pali in legno	m^3	0,02	114,60	2,29	114,60	2,29	114,60	2,29	114,60	2,29	114,60	2,29
				16,29		16,29		16,29		16,29		16,29
TOTALE COSTI			€/m	29,07	€/m	28,66	€/m	29,08	€/m	29,14	€/m	29,67
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza			€/m	4,07	€/m	4,01	€/m	4,07	€/m	4,08	€/m	4,15
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza			€/m	3,31	€/m	3,27	€/m	3,31	€/m	3,32	€/m	3,38
SICUREZZA 6%			€/m	2,19	€/m	2,16	€/m	2,19	€/m	2,19	€/m	2,23
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m			€/m	**38,64**	€/m	**38,10**	€/m	**38,65**	€/m	**38,73**	€/m	**39,44**

Tipologia	30
Rullo spondale in fibra di cocco	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,1	19,02	1,90	17,23	1,72	19,10	1,91	19,29	1,93	21,61	2,16
Operaio comune	ora	0,1	17,47	1,75	15,96	1,60	17,47	1,75	17,74	1,77	19,77	1,98
				3,65		3,32		3,66		3,70		4,14
B) NOLI:												
Pala caricatrice articolata	ora	0,25	41,30	10,33	41,30	10,33	41,30	10,33	41,30	10,33	41,30	10,33
				10,33		10,33		10,33		10,33		10,33
C) MATERIALI:												
Rullo di cocco	cad	1	31,00	31,00	31,00	31,00	31,00	31,00	31,00	31,00	31,00	31,00
Talee	cad	8	0,80	6,40	0,80	6,40	0,80	6,40	0,80	6,40	0,80	6,40
Pali in legno	m^3	0,02	114,60	2,29	114,60	2,29	114,60	2,29	114,60	2,29	114,60	2,29
				39,69		39,69		39,69		39,69		39,69
TOTALE COSTI			€/m	53,67	€/m	53,34	€/m	53,67	€/m	53,72	€/m	54,16
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza			€/m	7,51	€/m	7,47	€/m	7,51	€/m	7,52	€/m	7,58
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza			€/m	6,12	€/m	6,08	€/m	6,12	€/m	6,12	€/m	6,17
SICUREZZA 6%			€/m	4,04	€/m	4,01	€/m	4,04	€/m	4,04	€/m	4,07
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m			€/m	**71,33**	€/m	**70,90**	€/m	**71,35**	€/m	**71,41**	€/m	**71,98**

Tipologia	31
Gabbionata in rete metallica zincata rinverdita	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0,00	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	1,10	19,02	20,92	17,23	18,95	19,10	21,01	19,29	21,22	21,61	23,77
Operaio comune	ora	1,10	17,47	19,22	15,96	17,56	17,47	19,22	17,74	19,51	19,77	21,75
				40,14		36,51		40,23		40,73		45,52
B) NOLI:												
Pala caricatrice articolata	ora	0,25	41,30	10,33	41,30	10,33	41,30	10,33	41,30	10,33	41,30	10,33
				10,33		10,33		10,33		10,33		10,33
C) MATERIALI:												
gabbioni h= 1 m	kg	9,15	3,00	27,45	3,00	27,45	3,00	27,45	3,00	27,45	3,00	27,45
punti metallici	cad	30	0,30	9,00	0,30	9,00	0,30	9,00	0,30	9,00	0,30	9,00
pietrame di riempimento	m^3	1,20	6,60	7,92	6,60	7,92	6,60	7,92	6,60	7,92	6,60	7,92
verghe di salice	cad	10	0,80	8,00	0,80	8,00	0,80	8,00	0,80	8,00	0,80	8,00
				52,37		52,37		52,37		52,37		52,37
TOTALE COSTI			€/m^3	102,83	€/m^3	99,20	€/m^3	102,92	€/m^3	103,43	€/m^3	108,21
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza			€/m3	14,40	€/m3	13,89	€/m3	14,41	€/m3	14,48	€/m3	15,15
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza			€/m3	11,72	€/m3	11,31	€/m3	11,73	€/m3	11,79	€/m3	12,34
SICUREZZA 6%			€/m3	7,74	€/m3	7,46	€/m3	7,74	€/m3	7,78	€/m3	8,14
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m3			€/m3	**136,69**	€/m3	**131,87**	€/m3	**136,81**	€/m3	**137,48**	€/m3	**143,84**

Tipologia	32
Materasso spondale in rete metallica rinverdito	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,5	19,02	9,51	17,23	8,62	19,10	9,55	19,29	9,65	21,61	10,81
Operaio comune	ora	0,5	17,47	8,74	15,96	7,98	17,47	8,74	17,74	8,87	19,77	9,89
				18,25		16,60		18,29		18,52		20,69
B) NOLI:												
Pala caricatrice articolata	ora	0,15	41,30	6,20	41,30	6,20	41,30	6,20	41,30	6,20	41,30	6,20
				6,20		6,20		6,20		6,20		6,20
C) MATERIALI:												
Materasso	Kg	3,7	2,90	10,73	2,90	10,73	2,90	10,73	2,90	10,73	2,90	10,73
Biofeltro	m^2	2	3,60	7,20	3,60	7,20	3,60	7,20	3,60	7,20	3,60	7,20
Punti metallici	cad	18	0,30	5,40	0,30	5,40	0,30	5,40	0,30	5,40	0,30	5,40
Pietrame	m^3	0,1	6,60	0,66	6,60	0,66	6,60	0,66	6,60	0,66	6,60	0,66
Terreno vegetale	m^3	0,3	10,10	3,03	10,10	3,03	10,10	3,03	10,10	3,03	10,10	3,03
Talee	cad	3	0,80	2,40	0,80	2,40	0,80	2,40	0,80	2,40	0,80	2,40
Idrosemina	m^2	1	1,07	1,07	1,03	1,03	1,07	1,07	1,07	1,07	1,12	1,12
				30,49		30,45		30,49		30,49		30,54
TOTALE COSTI			€/m^3	54,93	€/m^3	53,24	€/m^3	54,97	€/m^3	55,20	€/m^3	57,43
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m3	7,69	€/m3	7,45	€/m3	7,70	€/m3	7,73	€/m3	8,04
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m3	6,26	€/m3	6,07	€/m3	6,27	€/m3	6,29	€/m3	6,55
SICUREZZA 6%			€/m3	4,13	€/m3	4,01	€/m3	4,14	€/m3	4,15	€/m3	4,32
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m3			€/m3	**73,02**	€/m3	**70,77**	€/m3	**73,07**	€/m3	**73,37**	€/m3	**76,33**

Tipologia	33
Terra rinforzata a paramento vegetato	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,3	19,02	5,71	17,23	5,17	19,10	5,73	19,29	5,79	21,61	6,48
Operaio comune	ora	0,3	17,47	5,24	15,96	4,79	17,47	5,24	17,74	5,32	19,77	5,93
				10,95		9,96		10,97		11,11		12,41
B) NOLI:												
Pala caricatrice articolata	ora	0,2	41,30	8,26	41,30	8,26	41,30	8,26	41,30	8,26	41,30	8,26
Piastra vibrante	ora	0,2	5,10	1,02	5,10	1,02	5,10	1,02	5,10	1,02	5,10	1,02
Rullo compressore	ora	0,005	25,80	0,13	25,80	0,13	25,80	0,13	25,80	0,13	25,80	0,13
				9,41		9,41		9,41		9,41		9,41
C) MATERIALI:												
Terra rinforzata	m^2	1,28	97,00	124,16	97,00	124,16	97,00	124,16	97,00	124,16	97,00	124,16
Punti metallici	cad	20	0,30	6,00	0,30	6,00	0,30	6,00	0,30	6,00	0,30	6,00
Pietrame	m^3	1,6	6,60	10,56	6,60	10,56	6,60	10,56	6,60	10,56	6,60	10,56
Terreno vegetale	m^3	0,6	10,10	6,06	10,10	6,06	10,10	6,06	10,10	6,06	10,10	6,06
Verghe	cad	5	0,80	4,00	0,80	4,00	0,80	4,00	0,80	4,00	0,80	4,00
Idrosemina	m^2	1	1,07	1,07	1,03	1,03	1,07	1,07	1,07	1,07	1,12	1,12
				151,85		151,81		151,85		151,85		151,90
TOTALE COSTI			€/m^2	172,21	€/m^2	171,18	€/m^2	172,23	€/m^2	172,37	€/m^2	173,72

PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2	24,11	€/m2	23,96	€/m2	24,11	€/m2	24,13	€/m2	24,32
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m2	19,63	€/m2	19,51	€/m2	19,63	€/m2	19,65	€/m2	19,80
SICUREZZA 6%	€/m2	12,96	€/m2	12,88	€/m2	12,96	€/m2	12,97	€/m2	13,07
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2	€/m2	**228,90**	€/m2	**227,53**	€/m2	**228,94**	€/m2	**229,12**	€/m2	**230,92**

Tipologia	34
Rampa a blocchi	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0	19,02	0,00	17,23	0,00	19,10	0,00	19,29	0,00	21,61	0,00
Operaio comune	ora	0,5	17,47	8,74	15,96	7,98	17,47	8,74	17,74	8,87	19,77	9,89
				8,74		7,98		8,74		8,87		9,89
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,1	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10
Pala caricatrice articolata	ora	0,4	41,30	16,52	41,30	16,52	41,30	16,52	41,30	16,52	41,30	16,52
				19,62		19,62		19,62		19,62		19,62
C) MATERIALI:												
Pietrame	m^3	2,60	20,70	53,82	20,70	53,82	20,70	53,82	20,70	53,82	20,70	53,82
Piloti in acciaio	kg	1	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
				54,92		54,92		54,92		54,92		54,92
TOTALE COSTI			€/m^3	83,28	€/m^3	82,52	€/m^3	83,28	€/m^3	83,41	€/m^3	84,43
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza			€/m3	11,66	€/m3	11,55	€/m3	11,66	€/m3	11,68	€/m3	11,82
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza			€/m3	9,49	€/m3	9,41	€/m3	9,49	€/m3	9,51	€/m3	9,62
SICUREZZA 6%			€/m3	6,27	€/m3	6,21	€/m3	6,27	€/m3	6,28	€/m3	6,35
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m3			€/m3	**110,69**	€/m3	**109,69**	€/m3	**110,69**	€/m3	**110,87**	€/m3	**112,22**

Tipologia	35
Blocchi incatenati	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,2	19,02	3,80	17,23	3,45	19,10	3,82	19,29	3,86	21,61	4,32
Operaio comune	ora	0,2	17,47	3,49	15,96	3,19	17,47	3,49	17,74	3,55	19,77	3,95
				7,30		6,64		7,31		7,41		8,28
B) NOLI:												
Pala caricatrice articolata	ora	0,3	41,30	12,39	41,30	12,39	41,30	12,39	41,30	12,39	41,30	12,39
Compressore con pistola perforatrice	ore	0,3	18,60	5,58	18,60	5,58	18,60	5,58	18,60	5,58	18,60	5,58
				17,97		17,97		17,97		17,97		17,97
C) MATERIALI:												
Pietrame	m^3	2,6	20,70	53,82	20,70	53,82	20,70	53,82	20,70	53,82	20,70	53,82
Piloti in acciaio	kg	23	1,10	25,30	1,10	25,30	1,10	25,30	1,10	25,30	1,10	25,30
Malta cementizia	kg	2	0,80	1,60	0,80	1,60	0,80	1,60	0,80	1,60	0,80	1,60
Chiodi con asola	cad	1	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60
Morsetti	cad	1	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80
Fune di acciaio	m	1,2	2,00	2,40	2,00	2,40	2,00	2,40	2,00	2,40	2,00	2,40
				87,52		87,52		87,52		87,52		87,52
TOTALE COSTI			€/m^3	112,79	€/m^3	112,13	€/m^3	112,80	€/m^3	112,90	€/m^3	113,77

PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza	€/m3	15,79	€/m3	15,70	€/m3	15,79	€/m3	15,81	€/m3	15,93
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza	€/m3	12,86	€/m3	12,78	€/m3	12,86	€/m3	12,87	€/m3	12,97
SICUREZZA 6%	€/m3	8,49	€/m3	8,44	€/m3	8,49	€/m3	8,49	€/m3	8,56
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m3	€/m3	**149,92**	€/m3	**149,05**	€/m3	**149,94**	€/m3	**150,07**	€/m3	**151,22**

Tipologia	36
Scogliera rinverdita	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	0,2	19,02	3,80	17,23	3,45	19,10	3,82	19,29	3,86	21,61	4,32
Operaio comune	ora	0,2	17,47	3,49	15,96	3,19	17,47	3,49	17,74	3,55	19,77	3,95
				7,30		6,64		7,31		7,41		8,28
B) NOLI:												
Pala caricatrice articolata	ora	0,3	41,30	12,39	41,30	12,39	41,30	12,39	41,30	12,39	41,30	12,39
				12,39		12,39		12,39		12,39		12,39
C) MATERIALI:												
Pietrame	m^3	2,60	20,70	53,82	20,70	53,82	20,70	53,82	20,70	53,82	20,70	53,82
Inerte terroso-sabbioso	m^3	0,10	10,30	1,03	10,30	1,03	10,30	1,03	10,30	1,03	10,30	1,03
Talee	cad	5	0,80	4,00	0,80	4,00	0,80	4,00	0,80	4,00	0,80	4,00
				58,85		58,85		58,85		58,85		58,85
TOTALE COSTI			€/m^3	78,54	€/m^3	77,88	€/m^3	78,55	€/m^3	78,65	€/m^3	79,52

PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m3	11,00	€/m3	10,90	€/m3	11,00	€/m3	11,01	€/m3	11,13
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m3	8,95	€/m3	8,88	€/m3	8,96	€/m3	8,97	€/m3	9,06
SICUREZZA 6%	€/m3	5,91	€/m3	5,86	€/m3	5,91	€/m3	5,92	€/m3	5,98
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m3	€/m3	**104,40**	€/m3	**103,52**	€/m3	**104,42**	€/m3	**104,54**	€/m3	**105,70**

Tipologia	37
Briglia viva in legname e pietrame	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	0,00	20,37	0,00	18,30	0,00	20,29	0,00	20,50	0,00	23,01	0,00
Operaio qualificato	ora	1,00	19,02	19,02	17,23	17,23	19,10	19,10	19,29	19,29	21,61	21,61
Operaio comune	ora	0,70	17,47	12,23	15,96	11,17	17,47	12,23	17,74	12,42	19,77	13,84
				31,25		28,40		31,33		31,71		35,45
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,10	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10	31,00	3,10
Ragno meccanico	ora	0,90	41,30	37,17	41,30	37,17	41,30	37,17	41,30	37,17	41,30	37,17
Motosega a catena	ore	0,30	3,20	0,96	3,20	0,96	3,20	0,96	3,20	0,96	3,20	0,96
Generatore con trapano	ora	0,06	4,30	0,26	4,30	0,26	4,30	0,26	4,30	0,26	4,30	0,26
				41,49		41,49		41,49		41,49		41,49
C) MATERIALI:												
Pietrame	m^3	3	6,60	19,80	6,60	19,80	6,60	19,80	6,60	19,80	6,60	19,80
Legname scortecciato	m^3	0,50	114,60	57,30	114,60	57,30	114,60	57,30	114,60	57,30	114,60	57,30
Chiodi	cad	4	1,40	5,60	1,40	5,60	1,40	5,60	1,40	5,60	1,40	5,60
Cambre	kg	0,50	5,00	2,50	5,00	2,50	5,00	2,50	5,00	2,50	5,00	2,50
Talee di salice	cad	20	0,80	16,00	0,80	16,00	0,80	16,00	0,80	16,00	0,80	16,00
				101,20		101,20		101,20		101,20		101,20
TOTALE COSTI			€/m^3	173,94	€/m^3	171,09	€/m^3	174,02	€/m^3	174,40	€/m^3	178,14

PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m3	24,35	€/m3	23,95	€/m3	24,36	€/m3	24,42	€/m3	24,94
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)	€/m3	19,83	€/m3	19,50	€/m3	19,84	€/m3	19,88	€/m3	20,31
SICUREZZA 6%	€/m3	13,09	€/m3	12,87	€/m3	13,09	€/m3	13,12	€/m3	13,40
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m3	€/m3	**231,20**	€/m3	**227,42**	€/m3	**231,31**	€/m3	**231,81**	€/m3	**236,79**

Tipologia	38
Palizzata viva in putrelle traverse	

Oggetto	Unità di misura	Quantità	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo	Prezzo elementare	Importo
A) MANODOPERA:			**ROMA**		**LATINA**		**VITERBO**		**RIETI**		**FROSINONE**	
Operaio specializzato	ora	1,17	20,37	23,83	18,30	21,41	20,29	23,74	20,50	23,99	23,01	26,92
Operaio qualificato	ora	1,17	19,02	22,25	17,23	20,16	19,10	22,35	19,29	22,57	21,61	25,28
Operaio comune	ora	1,17	17,47	20,44	15,96	18,67	17,47	20,44	17,74	20,76	19,77	23,13
				66,53		60,24		66,53		67,31		75,34
B) NOLI:												
Autocarro	ora	0,20	31,00	6,20	31,00	6,20	31,00	6,20	31,00	6,20	31,00	6,20
Escavatore	ora	1,17	41,30	48,32	41,30	48,32	41,30	48,32	41,30	48,32	41,30	48,32
Battipalo	ora	2,17	69,40	150,60	69,40	150,60	69,40	150,60	69,40	150,60	69,40	150,60
				205,12		205,12		205,12		205,12		205,12
C) MATERIALI:												
Putrelle HEB 180	kg	31,16	0,80	24,93	0,80	24,93	0,80	24,93	0,80	24,93	0,80	24,93
Tavoloni in larice	cad	1	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
Talee di salice	cad	35	0,80	28,00	0,80	28,00	0,80	28,00	0,80	28,00	0,80	28,00
				54,53		54,53		54,53		54,53		54,53
TOTALE COSTI			€/m^2	326,17	€/m^2	319,89	€/m^2	326,17	€/m^2	326,96	€/m^2	334,98
PER SPESE GENERALI IL 14 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	45,66	€/m2	44,78	€/m2	45,66	€/m2	45,77	€/m2	46,90
PER UTILE D'IMPRESA IL 10 % (ex delibera 37/2000 autorità vigilanza LLPP)			€/m2	37,18	€/m2	36,47	€/m2	37,18	€/m2	37,27	€/m2	38,19
SICUREZZA 6%			€/m2	24,54	€/m2	24,07	€/m2	24,54	€/m2	24,60	€/m2	25,20
PREZZO DI APPLICAZIONE PER UNITA' DI MISURA PARI A 1 m2			€/m2	**433,56**	€/m2	**425,21**	€/m2	**433,56**	€/m2	**434,60**	€/m2	**445,27**

Glossario essenziale

A

Acclività (vedi pendenza). Espressa in percentuale o in gradi. Preferibilmente utilizzata per versanti.

Ammendante Sostanza in grado di migliorare e/o correggere la costituzione fisico-meccanica e la reazione di un terreno.

Angolo di attrito Angolo di attrito che si instaura tra i grani dei terreni a natura incoerente per effetto della pressione normale agente sugli stessi.

Arbusto Pianta legnosa il cui fusto si ramifica dalla base in poi o che si sviluppa con più assi (gemme).

Areale Distribuzione geografica generale di una specie.

Arpese Grappa di ferro usata per tenere insieme le pietre nelle costruzioni ovv. tipo di chiodo in ferro acciaioso con forma a "U". E' conosciuto con diversi nomi: cambra, clanfa, staffa

Associazione Comunità di composizione floristica definita (es. la faggeta è un'associazione forestale).

Astone: si intende sia una pianta giovane e vigorosa con il fusto coperto di rami fino alla base, sia i rami terminali dritti e poco ramificati di salici arborei, dotati di gemma apicale e in grado di ricacciare vegetativamente, di lunghezza variabile da 1,5 a 2,5 m.

Attecchimento L'attecchire. Di piante, mettere radici e crescere dopo trapianto o innesto.

Autoctono Dicesi di materiale proveniente dalla medesima zona di utilizzo.

Alloctono Dicesi di materiale proveniente da zone diverse da quelle in cui viene impiegato.

B

Barena Bassofondo o dosso limoso-sabbioso delle lagune che emerge dall'acqua con la bassa marea.

Barra di ferro/acciaio (vedi Picchetto)

Biocenosi o associazione biologica. Insieme di organismi viventi, animali o vegetali, di specie diverse che coabitano in una stessa unità di ambiente e sono strettamente legati tra loro da rapporti di concorrenza e competizione nella conquista del cibo e dello spazio. Una biocenosi è in equilibrio quando i suoi componenti sono proporzionalmente distribuiti in modo che nessuna specie si propaghi a dismisura sovvertendo l'equilibrio ambientale, ed è completa quando è composta da organismi produttori (piante verdi), da organismi consumatori (erbivori e carnivori) e da decompositori (batteri, funghi).

Biodiversità Varietà e molteplicità degli organismi, intesa ad ogni scala dimensionale e livello di organizzazione dei sistemi viventi. Può essere quantificata sia a livello di geni o di genotipi, che a livello di specie o a quello di comunità biotica, habitat, ecosistema. Ai fini della conservazione dell'ambiente, include anche le varietà di piante coltivate, razze animali domestiche, risorse naturali ed espressioni etniche o culturali della specie umana.

Biotopo Unità di ambiente fisico in cui vive un'associazione biologica. Qualsiasi

ambiente che abbia caratteristiche sufficientemente unitarie.

Bitume miscela di idrocarburi, solida o liquida, estratta da giacimenti naturali oppure ricavata da rocce asfaltiche o dai residui di distillazione del petrolio greggio; è usata per pavimentare le strade.

Bulbillo Gemme che si possono formare in varie parti della pianta (bulbo, ascella fogliare) e che possono, cadendo al suolo e mettendo radici, formare una nuova pianta.

C

Cambra (vedi Arpese)

Camefite (Ch): piante perenni, alla base legnose, con le gemme fino a 30 cm. da terra. (ad es. *Helichrysum italicum*, elicriso).

Ceduazione Taglio raso terra di fusti (rami) di latifoglie con facoltà di propagazione vegetativa per provocare successivamente l'emissione di polloni da ceppaia che possono venire utilizzati periodicamente.

Cenosi vedi Biocenosi.

Cespo Insieme di rami, di steli o di foglie nati dalla stessa radice in forma di ciuffo.

Clanfa (vedi Arpese)

Climax Fase finale, ottimale, del ciclo evolutivo di un complesso vegetale in perfetto equilibrio con i fattori fisici e climatici ambientali.

Collante Dicesi di sostanza adesiva, specialmente se di origine sintetica.

Compost Sostanza miglioratrice del terreno, biologicamente molto attiva, ottenuta da residui organici (foglie, erba, specie perenni, legno tritato, corteccia). Dalle discariche dei rifiuti si ottengono compost derivati da questi, che devono venire analizzati prima del loro impiego circa la loro idoneità (chimismo, tossicità).

Concime organico e/o inorganico Sostanza fertilizzante naturale (letame) o chimica, usata in agricoltura.

Contropendenza (rispetto alla scarpata) pendenza inclinata in senso opposto a un'altra che la precede immediatamente.

Cotico (o Cotica) Porzione di terreno comprendente l'insieme degli steli e degli apparati radicali delle specie erbacee.

Culmo Fusto di graminacee. Caratterizzato dall'alternarsi di porzioni vuote (=internodi) e porzioni piene (=nodi). Generalmente è erbaceo.

Cultivar Varietà di piante coltivate.

D

Debris flow = Colata di detrito. Fenomeno di dissesto ove i materiali detritici in un corso d'acqua in piena formano una massa fluida che si muove con modalità fluvio-franose.

Disco pacciamante Dischi in vari materiali, forme e dimensioni, utilizzati per controllare lo sviluppo della vegetazione erbacea alla base di alberi/arbusti di piccole dimensioni.

Disgaggio Operazione che consiste nell'allontanamento dei materiali instabili lungo pareti e pendii.

Drenaggio Superficiale e/o profondo. Consiste in un sistema di canalizzazioni principali e secondarie o sistemi di emungimento dell'acqua che portano al prosciugamento del

terreno con l'allontanamento costante dell'acqua.

Drenanti Tutti i sistemi artificiali (tubazioni forate, non tessuti, geocompositi ecc.) e naturali (fascine, sistema radicale, ecc.) atti ad allontanare per scorrimento o assorbimento l'acqua in eccesso nel terreno.

E - F

Ecocelle Zolle di terra nelle quali è contenuta una microporzione di cenosi vegetale e di pedofauna, nonché una parte di profilo pedologico. Tali zolle vengono in genere trapiantate mediante l'impiego di scavatori con benna.

Ecosistema o sistema ecologico. Unità funzionale fondamentale di tutti gli organismi di una comunità e dei fattori ambientali con i quali interagiscono le specie dei produttori, dei consumatori e dei decompositori. Determinano un ecosistema la morfologia e la geochimica dell'ambiente, il clima, le variazioni di temperatura, di pressione e di umidità, le condizioni alimentari, la diffusione e la tipologia degli organismi viventi, vegetali e animali.

Ecotipo Forma morfologicamente distinta entro una specie, prodotta dalla selezione naturale.

Ecotono Zona di passaggio tra un biotopo e un altro.

Edafico Concernente le caratteristiche del suolo.

Elasticità Proprietà dei corpi di deformarsi per azione di forze esterne e di riprendere la forma primitiva al cessare di queste.

Eliofila Di specie che necessita di molta luce per la crescita. Deperisce in condizioni di penombra e muore all'ombra.

Emicriptofite (H): piante perenni con le gemme a livello del suolo (ad es. *Bellis perennis*, margherita).

Endemico Dicesi di specie con areale di diffusione ristretto.

Erosione Asportazione di materiale solido ad opera di acqua, vento, insolazione e agenti atmosferici. L'azione del vento risulta essere più accentuata nei periodi di siccità e con mancanza di copertura erbacea e/o arbustiva-arborea a protezione del terreno. L'erosione estrema si verifica nel caso di eventi catastrofici, ad es. con le alluvioni.

Esotica Dicesi di specie vegetale di origine geografica diversa, non necessariamente orientale, rispetto al luogo di reimpianto.

Evapotraspirazione La quantità totale di acqua consumata dai soprassuoli vegetali con la traspirazione (evaporazione dell'acqua attraverso la massa fogliare) e l'evaporazione (evaporazione dell'acqua attraverso il terreno).

Fanerofite (P): piante perenni legnose con le gemme a più di 30 cm. dal suolo (alberi ed arbusti).

Fiorume residui (semi, culmi) presenti nei fienili ormai vuotati o ottenibile mediante apposita trebbiatura in prati e pascoli polifiti naturali.

Fitocenosi Esempio concreto di associazione vegetale (es. la Foresta Umbra sul Gargano è una fitocenosi a Faggio).

Formazioni Sono unità complesse delle quali generalmente fanno parte parecchie associazioni vegetali che si presentano assieme (es. formazione di macchia comprende la lecceta ma anche le sue fasi di degradazione e ricostruzione)

Frutice = Arbusto pianta perenne legnosa, ramificata fin dalla base e di altezza compresa fra 1 e 5 m.

G - H - I

Geofite (G): piante perenni con organi ipogei (bulbi o rizomi) sui quali si trovano le gemme. (ad es. *Phragmites australis*, cannuccia di palude).

Germinazione Il germinare. Compiere il primo stadio di sviluppo, detto di semi e spore.

Germogliazione Il germogliare. Uscire dal seme (detto di piante); svilupparsi dal germoglio, dalla gemma (detto di rami, fiori e foglie)

Golenae Striscia di terreno, compresa tra l'argine e il letto di un fiume o di un canale, che rimane all'asciutto durante i periodi di magra.

Grado di germinabilità Percentuale di sementi in grado di germinare rispetto al totale delle sementi presenti nella miscela.

Grado di purezza Percentuale di sementi di origine accertata e dichiarata sulla confezione rispetto al totale delle sementi presenti nella miscela.

Humus Terreno contenente sostanze organiche in decomposizione.

Idrofite (I): piante perenni acquatiche con gemme sommerse durante la stagione sfavorevole (ad es. *Potamogeton natans*, lingua d'acqua).

Irrigazione L'irrigare; distribuzione di acqua mediante reti di canali, fossi artificiali o sistemi di tubazioni e microtubazioni.

L - M - N

Malta Impasto di sabbia, acqua e cemento o calce, usato come cementante. Cementizia antiritiro: caratteristica ottenuta grazie ad additivi, che garantiscono la tenuta nelle varie condizioni.

Manutenzioni o Cure colturali: tutti i provvedimenti atti a favorire la crescita e lo sviluppo delle piante. Possono essere:

a) cure di completamento fino alla chiusura del soprassuolo
b) cure di mantenimento per mantenere le funzioni tecniche ed ecologiche richieste (tagli di potatura e sfoltimento).

Margotta Tecnica di propagazione vegetativa che consiste nel ricoprire una porzione di ramo, previa incisione, con terriccio. L'operazione determina l'emissione di radici nella parte trattata, che in tal modo può essere separata dalla pianta madre e messa a dimora.

Microclima Insieme delle condizioni climatiche esistenti nell'immediata vicinanza del suolo o in una determinata area della superficie terrestre.

Micorrizze piante inferiori (funghi) che vivono in simbiosi con le piante superiori sulle loro radici (la maggior parte delle conifere, molte latifoglie), che favoriscono in genere anche la crescita delle stesse. Sono utilizzate anche per i cosiddetti tubercoli radicali, cioè i batteri e gli attinomiceti che vivono in colonie sulle radici di piante superiori (ontani, olivello spinoso, leguminose). Per l'imboschimento e per le sistemazioni a verde su terreni grezzi molte piante legnose ed erbacee perenni devono essere inoculate artificialmente con le loro micorizze o con i batteri simbionti, per facilitare o accelerare la crescita di queste piante su terreni biologicamente morti (inoculazione).

Morsetto Attrezzo di varia forma usato per serrare pezzi, generalmente di piccole dimensioni.

Nicchia ecologica Posto occupato da una popolazione all'interno di un ecosistema. E' definita dall'ambiente fisico, dal ruolo della popolazione nella comunità e dalla sua posizione nei processi di modificazione ambientale. E' definita sia da caratteristiche biologiche che da parametri fisici. Due specie di uno stesso territorio non possono occupare la stessa nicchia.

O - P - Q

Orofita Pianta che predilige le zone montuose.

Pacciamatura Copertura del terreno, dopo la semina o il trapianto, per ripararlo dal gelo, innalzarne la temperatura e limitarne l'evaporazione, in modo da accelerare la crescita della vegetazione. Può essere praticata con paglia, strame, foglie, corteccia di resinose oppure con cartone catramato, con fogli di polietilene, con biofeltri, ecc., anche per difendere dall'invasione da parte di piante erbacee le piante legnose, di piccola taglia, messe a dimora, sino a sviluppo avvenuto.

Paletto Piccolo palo metallico o di legno che si conficca nel terreno per fissarvi qualcosa; sin. picchetto

Palo Elemento strutturale (di legno vivo o morto), generalmente cilindrico con un'estremità appuntita o munita di punta riportata (puntazza), che si conficca totalmente nel terreno per consolidarlo o per servire da sostegno ad altre strutture.

Pali tutori Aste dal portamento verticale impiegate per sostenere e favorire la crescita di giovani arbusti e alberi con andamento il più dritto possibile

Pani di terra Porzioni di terreno vegetale che accompagnano una specie vegetale dall'espianto al reimpianto.

Pedologia Scienza che studia l'origine, la struttura fisico-meccanica, la composizione chimica dei suoli.studia i componenti organici e inorganici del terreno, l'aridità e l'alcalinità, la presenza o la mancanza di certi elementi.

Pendenza (o acclività) Termine preferibilmente impiegato nel settore delle infrastrutture. Si esprime con un rapporto numerico tra la proiezione sull'asse y (altezza) e quella sull'asse x (base) di un piano inclinato (es. 2:1). Si esprime normalmente in gradi sull'orizzontale.

Periodo di riposo vegetativo Si intende quel periodo durante il quale lo sviluppo della pianta viene rallentato fino alla quiescenza, per consentire il superamento, alle latitudini italiane, della stagione invernale.

Piante pioniere Piante in grado di attecchire e crescere da sé o con l'aiuto di simbionti (batteri o funghi) su terreni rocciosi o fortemente mineralizzati, senza concimazioni artificiali. In tal modo il terreno viene preparato per successive piante più esigenti.

Picchetto Paletto in legno o in ferro dotato di punta e conficcato nel terreno.

Piede della scarpata o sponda Parte inferiore o base di una scarpata o di una sponda.

Piloti e Pilotis in acciaio Barre o pali in ferro e/o acciaio, di lunghezza variabile. Possono essere lisci o lavorati per aumentare la tenuta (aderenza migliorata). Il termine è poco usato.

Pollone Germoglio che si sviluppa in seguito a taglio di fusti o rami. Si distinguono polloni veri (da gemme di fusti e rami) e polloni radicali (da gemme radicali)

Portata Volume di acqua che passa in una sezione idrica nell'unità di tempo.

Preseminata, stuoia Tipo di materiale preventivamente trattato con collanti e sementi, pronto alla posa in opera.

Pressione Rapporto tra l'intensità di una forza che si esercita perpendicolarmente su una superficie e l'area della superficie stessa interessata. Es. P. idraulica

Propagazione Moltiplicare mediante la riproduzione; può avvenire per seme (gamica) o per separazione di porzioni epigee o ipogee (agamica, vegetativa).

Propaggine Tecnica di propagazione vegetativa che consiste nel piegare un ramo fino al suolo e interrandone una parte. Dalla porzione interrata vengono emesse radici e pertanto il ramo può essere separato dalla pianta madre e messo a dimora.

Protezioni antifauna: sistemi meccanici (recinti, laminati di metallo, plastica, rete, ecc.) o chimici (spruzzature, spennellature) atti a difendere le piante legnose dai morsi della selvaggina o del bestiame al pascolo.

Psammofilo Di specie tipica di ambienti costieri sabbiosi (dune).

Puntale Elemento di rinforzo o protezione, per lo più metallico, che si pone all'estremità di un oggetto (es. palo).

R

Radice Organo delle piante cormofite che solitamente si addentra nel terreno e ha funzione di sostegno e di assorbimento degli alimenti. *Radice a fittone*, che ha la radice principale più lunga delle sue ramificazioni; *radici fascicolate* o *affastellate*, con le radici secondarie uguali o più lunghe della principale; *radice aerea*, quella che si forma fuori del terreno; *radice a tubero*, che presenta ingrossamento costituito da sostanze di riserva. Nei trapianti può essere: **nuda** (esposta direttamente all'aria), **con pane di terra** (ricoperta da un volume di terra delle dimensioni della radice stessa).

Radice avventizia Radice fibrosa che si origina da un membro del germoglio che non proviene da una germinazione radicale, ma che è una formazione dell'asse vegetativo.

Ramaglia Legname di conifere o latifoglie in corteccia, fino a 7 cm di diametro nella parte più grossa. La ramaglia può essere: **viva**, se di specie legnose dotate di capacità vegetativa; **morta**, se di specie legnose non dotate di capacità vegetativa.

Reticolo radicale Intreccio di radici.

Rinaturalizzazione (o Rinaturazione) Operazione di ripristino di ambienti artificializzati, al loro stato originario.

Riposo vegetativo (vedi Periodo di,)

Riproduzione vegetativa: capacità di radicazione delle piante per via avventizia. Si ha emissione di radici da parti piccole provenienti dalla pianta madre (es. talee, stoloni). Da queste ha origine una pianta autonoma, dotata sia di apparato radicale che di apparato fogliare.

Rizoma Fusto sotterraneo persistente di numerose piante erbacee perenni. Hanno in genere una direzione orizzontale e possiedono cicatrici fogliari e radici crescenti dal fusto, sono in genere ingrossate e riempite con sostanze di riserva. Favoriscono la riproduzione agamica.

S

Salice a capitozza Salice arboreo, il cui fusto o chioma sono stati recisi a 3-5 m da terra e che assume, attraverso periodiche capitozzature allo scopo di ottenere delle verghe, una forma della chioma detta appunto capitozza.

Sciafilo Di specie vegetale in grado di tollerare o prediligere condizioni di scarsa illuminazione.

Sclerofilla Pianta sempreverde a foglie coriacee. Tipo di adattamento fogliare di alcune piante tipiche di zone caratterizzate da lunghi periodi di clima caldo e secco.

Semenzale Pianta ottenuta in vivaio da seme e successivamente messa a dimora.

Sesto d'impianto Disposizione delle piante secondo uno schema che ha per base una figura rettangolare o quadrata, all'interno delle quali le piante possono essere disposte in modo regolare o irregolare.

Sfalcio Taglio dell'erba eseguito per:

a) utilizzazione come foraggio
b) favorire la formazione delle radici
c) favorire le specie a lenta crescita mediante il taglio delle specie a crescita rapida
d) tenere bassi i manti erbosi.

Simbionti Microrganismi viventi in simbiosi (comunità) con un organismo superiore (pianta), quali batteri, funghi, alghe.

Simbionti radicali Specifici "partner vitali" di piante non graminoidi (in genere leguminose) e specie legnose, che altrimenti non prosperano e non si sviluppano, es. tubercoli radicali, micorrize.

Sollecitazione (idraulica, caduta massi) Azione di una forza o di un insieme di forze su un sistema.

Spanciamento Collasso e/o cedimento parziale di una struttura riempita a causa di sollecitazioni da tergo.

Specie vegetali pollonifere Dicesi di specie vegetali in grado di riprodursi per via agamica mediante emissioni di polloni, ramificazioni emesse dal fusto. (vedi Stoloni).

Specie vegetali stolonifere Dicesi di specie erbacee in grado di riprodursi vegetativamente (per via agamica) mediante produzione di stoloni. (vedi Polloni).

Staffa (vedi Arpese)

Stoloni Ricacci laterali aerei o sotterranei con internodi molto allungati e foglie ridotte che radicano ad una certa distanza dalla pianta madre e che dopo la morte del pezzo intermedio si sviluppano come individui autonomi.

Substrato (o sostrato) Strato che sta sotto un altro strato.

Successione Avvicendamento temporale e spaziale di comunità di organismi (associazioni) in seguito a modificazioni di clima, di terreno o dell'attività vitale degli organismi stessi (modificazione stazionale).

Suffrutice Pianta le cui cacciate lignificano solo nella parte inferiore, mentre quelle superiori rimangono di consistenza erbacea e muoiono ogni anno.

T

Talea legnosa Parte di un getto vegetativo o lignificato di specie legnosa, dalla quale si sviluppa una nuova pianta, quando viene introdotta nel terreno,

grazie alla presenza di tessuti meristematici secondari. Si possono avere inoltre:

a) talee apicali: provenienza dall'apice del ramo, pertanto la cacciata ha luogo dalla gemma terminale
b) talee radicali: parte recisa di una radice
c) talea da rizoma: parte recisa di un rizoma
d) talee di culmi: culmi di erbe che si possono moltiplicare per via vegetativa mediante il taglio e il trapianto (es. *Phragmites communis/australis*)
e) talea di gemma: gemma di una pianta staccata, destinata alla moltiplicazione vegetativa (es. cactacee)

Talee di rizomi Parti di rizomi sminuzzati a macchia che, dopo essere stati sparsi sul terreno e ricoperti in modo adeguato con terra, emettono radici e formano così una nuova pianta.

Terofite (T): piante annuali che superano la stagione avversa sotto forma di semi (ad es. ***Papaver rhoeas***, papavero)

Terreno grezzo Tipo di terreno privo di vita animale e vegetale. E' composto da un'elevata percentuale di sostanze minerali.

Terreno di riempimento e/o di riporto Terreno costituito da un'elevata percentuale di scheletro, normalmente inadatto a coperture superficiali. Viene impiegato per il riempimento di strutture o scavi. Può essere autoctono o alloctono.

Terreno vegetale La parte più superficiale di un profilo di suolo. E' la porzione più umica e comprende il reticolo radicale e la pedofauna.

Tirante Nome generico di vari elementi o dispositivi metallici o di altro materiale rigido o flessibile che servono a tenere unite o ferme, per trazione, due o più parti di macchine, di strutture, di oggetti composti.

Tondino Barra tonda d'acciaio di spessore compreso fra 5 e 30 mm; ha spesso la superficie percorsa da nervature trasversali o elicoidali per migliorare l'aderenza.

Trapianto Operazione che consiste nello spostare le piante intere (fusto e radice) da un sito ad un altro.

Tronco di resinosa o castagno Fusto eretto e legnoso degli alberi, non appuntito alle estremità.

Turbolenza Moto disordinato di un fluido, dovuto alla presenza contemporanea di un moto di spostamento e di un moto di agitazione. Fenomeno dovuto a scambi fra masse che si muovono con velocità diverse.

U - V - X - Z

Velocità della corrente *Velocità lineare media*, rapporto tra lo spazio percorso da un corpo mobile e il tempo impiegato a percorrerlo; *velocità angolare media*, rapporto tra l'angolo percorso dal raggio vettore e il tempo impiegato a percorrerlo.

Verghe (vedi Astoni)

Volume radicale E' lo spazio occupato dall'apparato radicale di una specie vegetale.

Xerico Di ambiente arido e secco.

Xerofita Pianta che predilige luoghi aridi e siccitosi.

Xerosfere Serie di comunità che si sviluppano su terre emerse aride in conseguenza della successione primaria.

Zolla Porzione ricavata da manto erboso naturale o coltivato.

BIBLIOGRAFIA

CAPITOLO 8

8.1 e 8.2 - Geologia e geomorfologia

ACCORDI B. "Lineamenti strutturali del Lazio e dell'Abruzzo meridionale" Memorie della Società Geologica Italiana, v.4, 1964.

ACCORDI B. "La componente traslativa nella tettonica dell'Appennino laziale-abruzzese" Memorie della Società Geologica Italiana, v.5, 1966.

ACCORDI G., CARBONE F. "Carta delle litofacies del Lazio-Abruzzo ed aree limitrofe". CNR – Progetto Finalizzato Geodinamica. Quaderni de "La ricerca scientifica" n°114. Roma, 1988.

AA.VV. "Guide geologiche regionali: il Lazio". A cura della Società Geologica Italiana. BE-MA Editrice, 1993.

BERSANI P., BENCIVENGA M., PIOTTI A. "Caratterizzazione degli eventi di piena del Fiume Tevere a Roma dal 1921 al 1995". L'ACQUA, Associazione Idrotecnica Italiana, 1-2 1999.

BIGI G., COSENTINO D., PAROTTO M. " Modello litostratigrafico-strutturale della Regione Lazio"" Regione Lazio -–Università La Sapienza. 1988.

BONI C., BONO P., CAPELLI G. "Carta idrogeologica del territorio della Regione Lazio (scala 1:250.000)" Assessorato Programmazione, Ufficio Parchi e Riserve Naturali della Regione Lazio – Dip. Scienze della Terra Università La Sapienza di Roma, 1988.

BONI C., BONO P., CAPELLI G. "Schema idrogeologico dell'Italia Centrale" Memorie della Società Geologica Italiana, v. 35, 1988.

BONI C., PETITTA M., PREZIONI E., SERENI M. "Genesi e regime di portata delle acque continentali del Lazio". CNR (Centro di studio per il Quaternario e l'evoluzione ambientale) – Università La Sapienza. Roma, 1993.

BOSELLINI A. "Introduzione allo studio delle rocce carbonatiche". Ed. Bovolenta, Ferrara, 1991.

COSENTINO D., PAROTTO M. "Assetto strutturale dei Monti Lucretili settentrionali" Geologica Romana, v.25, 1986.

DE RITA D., FUNICIELLO R., PAROTTO M. "Carta geologica del complesso vulcanico dei Colli Albani. Scala 1:50.000" CNR, P.F.Geodinamica – Gruppo Nazionale per la Vulcanologia. Roma, 1988

DE RITA D., DI FILIPPO M., SPOSATO A. "Geological map of the Sabatini volcanic complex". C.N.R. Progetto Finalizzato Geodinamica, v.114, Roma 1993.

FUNICIELLO R., PAROTTO M. "Il substrato sedimentario nell'area dei Colli Albani: considerazioni geodinamiche e paleogeografiche sul margine tirrenico dell'Appennino Centrale". Geologica Romana, v.17, 1978.

PAROTTO .M, PRATURLON A. "Structural model of Italy: geological summary of the Central Appennines". C.N.R. Quaderni de "La ricerca scientifica", Roma 1975.

SERVIZIO IDROGRAFICO E MAREOGRAFICO NAZIONALE – PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI: DIP. PER I SERVIZI TECNICI NAZIONALI "Superficie dei bacini idrografici del compartimento di Roma (Ing. M. Bencivenga)", ROMA 1999.

8.3 - Lineamenti della vegetazione

ABBATE G., AVENA G.C., BLASI C.,.VERI L.,1987 – *Studio delle tipologie fitosociologiche del M.te Soratte (Lazio) e loro contributo nella definizione fitogeografica dei complesi vegetazionali centro appenninici*. C.N.R., Collana P. F. "Promozione della Qualità dell'Ambiente", AQ/1/125, Roma.

ABBATE G., BLASI C., FASCETTI S., MICHETTI L., FILESI L.., 1989 - *La vegetazione del parco suburbano Valle del Treja*. Regione Lazio, Dip Biol. Vegetale Univ. "La Sapienza" – Roma. Tip. Borgia. Roma.

ANZALONE B., 1986 - *La flora vascolare spontanea delle rive del Tevere e suoi affluenti entro Roma.* Ann. Bot. (Roma), 44, suppl. 4: 1-46.

ANZALONE B.,1984 – *Elenco preliminare delle piante vascolari spontanee del Lazio* Quaderno Lazionatura n.5.

AVENA G.C., BLASI C., SCOPPOLA A., 1980 - *Indagini ecologico-fitogeografiche sulle zone umide interne del Lazio. 1: Relazione tra lo stato chimico-fisico delle acque e ele comunità macrofitiche della Bonifica Pontina*. Ann. Bot. XXXIX (1): 31-101

BLASI C., FILESI L., ABBATE G., CORNELINI P., 1990 - *La vegetazione forestale dei M. Cimini. Documents phytosociologiques.* N.S. Vol. XII. Camerino

BRAUN BLANQUET J., ROUSSINE N. E NEGRE R., 1952 - *Les groupements végétaux de la France Méditerranéenne*. C.N.R.S. Montpellier.

CORBETTA F., ABBATE G., FRATTAROLI A. R., PIRONE G. F., 1998 - *S.O.S. verde*. Edagricole.

MONTELUCCI G., 1976-77 - *Lineamenti della vegetazione del Lazio*. Ann. Bot. (Roma), XXXV-XXXVI:1-107

OBERDORFER E., 1977 – *Suddeutsche Pflanzngeseleschften*. 3 voll.. Stuggart.

PEDROTTI GAFTA , 1996 –*Ecologia delle foreste ripariali e paludose dell'Italia* Università di Camerino

PIGNATTI S., 1982 - *Flora d'Italia*. 3 voll. Edagricole. Bologna.

PIGNATTI S., 1998 – *I boschi d'Italia*. UTET. Torino.

QUADERNI REGIONE LAZIO, 1996 - *Quaderno n.2: Ambienti di particolare valore naturalistico del Lazio* - Regione Lazio Assessorato alla Cultura

SCOPPOLA A., BLASI C., ABBATE G., MICHETTI L., SCAGLIUSI E., KUZMINSKY E. E ATINORI F., 1990 - *La vegetazione della caldera del Lago di Vico*. Regione Lazio, Dip Biol. Vegetale Univ. "La Sapienza" – Roma. Tip. Borgia. Roma.

SPADA F., 1995 - *Memoria illustrativa alla Carta della Vegetazione della Riserva Naturale Regionale Tevere - Farfa*.

8.4 - Fitoclima

AA.VV., 1996 - Quadernon.2: *Ambienti di particolare valore naturalistico del Lazio* - Regione Lazio Assessorato alla Cultura.

Blasi C., 1994 - *Fitoclimatologia del Lazio* - Regione Lazio Assessorato Agricoltura, Foreste, Caccia e Pesca, Usi Civici

Pignatti S., 1995 - *Ecologia vegetale* – UTET

Pignatti S., 1998 – *I boschi d'Italia* – UTET

CAPITOLO 9

AA.VV., *Slope stabilization and erosion control. A bioengineering approach,* a cura di R.C.P. Morgan e R.J. Rickson, ed. E. and F.N. Spon, Londra, 1995.

ANPA, 2000 - I.F.F. Indice di funzionalità fluviale

ARMANINI, A., 1999, Principi di Idraulica Fluviale, Editoriale Bios

ARMANINI, A. E RIGHETTI M. (1998), Resistenza al moto in alvei vegetati a scabrezza eterogenea, XXVI Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Catania, 9-12 settembre 1998

Autorita' di Bacino del Fiume Tevere *Progetto Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico 2001*

Autorita' di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno *Piano Straordinario Ottobre 1999*

BARNES. H., *Roughness characteristics of natural channels*, United States Government Printing Office, Washington, 1967.

BRACCO, SARTORI, TERZO,1984 *Indagine geobotanica per la valutazione di un'area della bassa Padania occidentale* Atti Istituto Botanico Univ. Pavia serie 7, vol.3

CANTINI, C. *Criteri di progettazione e monitoraggio delle opere di Ingegneria Naturalistica***,** Tesi di laurea, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Università di Firenze, 2000.

CHEN C., *Flow resistance in broad shallow grassed channels*., J. Hydr. Eng., ASCE, 102(3), 1976, pp.307-322.

CHOW VEN TE., *Open Channel Hydraulics*.,McGrow-Hill Book Co Inc., 1959.

CORNELINI, LOCHE, PANI. PETRICCIONE, SQUARTINI, 1989 *L'uso dell'informazione vegetazionale nella definizione della qualità ambientale*- Informatore Botanico Ital. vol.21 n.1-3

DARBY, S.E., *A computer program for prediction of stge-discharge relationshipd and boundary shear stress distributions in channels with vegetated boundaries*, users Manula, Dipartimento di Ingegneria Civile, Università degli Studi di Firenze

FATHI-MAGHADAM M., KOUWEN N., *Nonrigid, nonsubmerged, vegetative roughness on floodplains*. J. Hydr. *Div.*, ASCE, 123(1), 1997, pp.51-57.

FENZL N., DAVIS J. R*., Hydraulic resistance relationships for surface flows in vegetated channels*., Transactions, American Society of Agricultural Engineers, 7(1), 1964, pp.46-55.

FERRAIOLO F., VICARI M. - *Programma Macra 1996.* Atti Convegno AIPIN Bologna "Sistemazioni idrauliche con metodi naturalistici"

FLORINETH F. *Analisi del limite. Acer 4, 1999*

GERTSGRASER C. *Wirksamkeit ingenieurbiologischer Bauweisen an Fliessgewassern, Convegno EFIB Trieste 1999* pp. 39-45

HEY R. D., *Flow resistance in gravel-bed rivers*., J. Hydr. Div., ASCE, 105(4), pp.365-379.

JOHANNSEN ex IRRES - Istituto regionale di ricerche economiche e sociali - Terni- *Manuale di Ingegneria Naturalistica* - Bozza Capitoli 1-5

KAUCH P., *Le barriere dell'acqua*, ACER, n. 3/1998, pp.70-73.

KIPAR A., *La rinaturalizzazione dei corsi d'acqua.*, ACER, n.6/1990, Corso di aggiornamento "La gestione degli ambiti fluviali.", vol.3, 1991, pp.17-19.

KIPAR A., PEVERELLI R., *La difesa spondale con le tecniche della IN*, ACER, n.3/1990 e n.4/1990, Corso di aggiornamento "La gestione integrata degli ambiti fluviali.", vol.2, 1991, pp.40-44.

KOUWEN N., LI R.M., *Biomechanics of vegetative channel linings*. J. Hydr. Div., ASCE, 106(6), 1980, pp.1085-1103.

KOUWEN N., *Modern approach to design of grassed channels*. J. Irrigation and Drainage Engineering, ASCE, 118(5), 1992, pp.733-743.

KOUWEN N., *Field estimationof biomechanical properties of grass*., J. Hydr. Res., ASCE, 26(5), 1988, pp.559-568.

KOUWEN N., LI R. M., SIMONS D. B., *Flow resistance in vegetated waterways*. Trans. ASAE, 24(3), 1981, pp.684-698.

KOUWEN N., LI R. M., SIMONS D. B., *Velocity measurements in a channel lined by flexible plastic roughness elements.*, Dept. of Civil Eng., Colorado State University, Fort Collins, Colo., 1980.

KOUWEN N., UNNY T. E., *Flexible roughness in open channels*., J. Hydr. Div., ASCE, 99(5), 1973, pp.713-728.

KUSTER P., *Valutazione della riduzione della capacità di deflusso in seguito alla crescita di vegetazione spondale nel caso di una sezione trapezoidale*, ???.

LI R. M., SHEN H. W., *Effect of tall vegetations on flow and sediment.*, J. Hydr., Div., ASCE, 99(HY5), 1973, pp.793-814.

MASTERMAN R., THORNE C.R., *Predicting influence of bank vegetation on channel capacity*. J. Hydr. Div., ASCE, 118(7), 1992, pp.1052-1058.

MARCHI E., RUBATTA A., *Meccanica dei fluidi*, 1981, UTET.

MOTAYED A. K., KRISHNAMURTHY M., *Composite roughness of natural channels*. , J. Hydr. Div., ASCE, 106(HY6), 1980, pp.1111-1115.

MYERS W. R. C., *Flow resistance in wide rectangular channels*., J. Hydr. Div., ASCE, 108(HY4), 1982, pp.471-482.

NAOT D., NEZU I., NAKAGAWA H., *Hydrodynamic behavior of partly vegetated open channels.*, J. Hydr. Div., ASCE, 122(11), 1996, pp.625-633.

NAOT D., NEZU I., NAKAGAWA H., *Hydrodynamic behavior of compound rectangular open channels.,* J. Hydr. Eng., ASCE, 119(3), 1993(a), pp.390-408.

NAOT D., NEZU I., NAKAGAWA H., *Calculation of compound open channel flow*.", *J. Hydr. Eng.*, ASCE, 1993(b), 119(12), pp.1418-1426.

PALMERI F: CALO' P. *–Influenza della vegetazione sul deflusso 1996* Atti Convegno AIPIN Bologna "Sistemazioni idrauliche con metodi naturalistici"

PASCHE E., ROUVÉ G., "*Overbank flow with vegetatively roughened flood plains*., J. Hydr. Eng., ASCE, 111(9), 1985, pp.1262-1278.

PETRYK S., BOSMAJIAN G., *Analysis of flow through vegetation*., J. Hydr. Div., ASCE, 101(7), 1975, pp.871-884.

PICA M., F. PRETI, (1999), "SULLE PENDENZE DI SISTEMAZIONE DEI CORSI D'ACQUA", L'ACQUA, N. 5, PP. 99-108.

PICA M., F. PRETI, (2000), "CRITERI DI PREVISIONE DELLA PENDENZA DI ALVEI STABILI", IN CORSO DI STAMPA SU QUADERNI DI IDRONOMIA MONTANA, PP. 12

PIRRONE, G., Effetti della vegetazione in alveo e applicazione per lo studio della stabilità delle sponde*, Tesi di laurea, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Università di Firenze, 1998*

PRETI F., *Resistenza al moto in alvei vegetati. Stato dell'arte e prospettive di ricerca,* Convegno Efficacia e costi degli interventi di IN nelle sistemazioni idrauliche e di difesa del suolo, AIPIN-EFIB, 1998

PRETI F., 2002, *Più di un secolo di stime della pendenza d'alveo "stabile", in corso di pubblicazione in proprio*

PRZEDWOTSKI B., BLAZEJEWSKI R., PILARCZYK K.W., *River Training Techniques*, A.A. Balkema/ Rotterdam/ Brookfield ed., 1995, pp.409-438.

REGIONE TOSCANA, *Criteri e Metodi per l'Analisi dei fenomeni Alluvionali,* Collana Fiumi e Territorio, 1998.

REGIONE TOSCANA, *Principi e Linee Guida per l'Ingegneria Naturalistica, Voll. 1 e 2,* Collana Fiumi e Territorio, 2000 e 2001

RAUCH , H. P., *Belastung von ingenieurbiologischen Bauweisen am Beuspiel der Versuchsstrecke am Wienfluss*, Nr. 2 April 2000, ISSN 1422-008

REE W. O., PALMER V. J., *Flow of water in channels protected by vegetative linings*., Bulletin n°967, Soil Conservation Service, U. S. Dept. Of Agricolture, Washington, 1949, pp.1-115.

TEMPLE D. M., *Closure of volocity distribution coefficients for grass lined channels*., J. Hydr. Div., ASCE, 113(9), 1987, pp.1224-1226.

WHITEHEAD E., *A guide to the use of grass in hydraulic engineering practice.*, Construction Industry Research and Information Association, Londra, 1976.

CAPITOLO 13

AA.VV. (1993) - *Manuale tecnico di ingegneria naturalistica*. Regione Emilia Romagna, Regione Veneto.

AA.VV. (1995) - *Opere e tecniche di ingegneria naturalistica e recupero ambientale*. Regione Liguria, Ass. edilizia, Energia e Difesa del suolo.

AA.VV. (1995) – *Sistemazioni in ambito fluviale*. Quaderni di Ingegneria Naturalistica. Il Verde Editoriale.

AA.VV. (1996) – *Tecniche di ingegneria naturalistica e rinaturalizzazione in ambito fluviale applicate alla gestione ittica e alla pesca*. Istituto Agrario S. Michele all'Adige (Trento) AIPIN - Associazione Pescatori Dilettanti Trentini - Il pescatore Trentino

AA.VV. (1996) - *Dictionar of Soil Bioengineering* Verein für Ingenieurbiologie vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich B.G. Teubner Stuttgart

AA.VV. (1998) – *Norma Tecnológica NTJ 12S: parte 1 Obras de bioíngeniera Tecnicas de estabilización de taludes* Collegi Oficial d'Enginyers Tècnics Agrícoles i perits Agrícoles De Catalunya

AA.VV. (1999) – *Norma Tecnológica NTJ 12S: parte 2 Obras de bioíngeniera Tecnicas de estabilización de taludes* Collegi Oficial d'Enginyers Tècnics Agrícoles i perits Agrícoles De Catalunya

AA.VV. (2001) – *Norma Tecnológica NTJ 12S: parte 3 Obras de bioíngeniera Tecnicas de estabilización de taludes* Collegi Oficial d'Enginyers Tècnics Agrícoles i perits Agrícoles De Catalunya

AA. VV. (2000) - *Principi e linee guida per l'ingegneria naturalistica.* Vol. 1 e 2. Regione Toscana

AA.VV. (2001) – *Manual de Técnicas de Ingeniería Naturalística en Ambito Fluvial.* Gobierno Vasco Departamento De Transportes y Obras Públicas

ADAMI V. (1991 - 1992) - *Interventi di rivitalizzazione su corsi d'acqua* Azienda speciale per la regolazione dei corsi d'acqua e la difesa del suolo

ANPA (2001) - *Atlante delle opere di sistemazione dei versanti.*

BEGEMANN W., SCHIECHTL H.M. (1986) – *Ingenieur Biologie*. *Handbuch zum ökologischen Wasser – und Erdbau*. Bauverlag GMBH. Weisbaden und Berlin

BUR della LOMBARDIA 9 Maggio 2000 1° supplemento straordinario al n. 9 *Deliberazione Giunta Regionale 29 febbraio 2000* - N. 6/48740 Approvazione direttiva "Qquaderno opere tipo di ingegneria naturalistica

CARBONARI A., MEZZANOTTE M. (1993) – *Tecniche naturalistiche nella sistemazione del territorio*. Prov. Autonoma di Trento

CORNELINI P., (2001) - Una nuova tipologia. La palificata viva tipo "Roma". Acer 1/2001 pp. 70 - 73

Elenco prezzi dei materiali ed opere per il recupero ambientale delle aree degradate e per la sistemazione e rinaturazione di sponde ed alvei fluviali e lacustri. Regione Piemonte, Assessorato all'ambiente (1995).

Elenco prezzi dei materiali ed opere per il recupero ambientale e l'Ingegneria Naturalistica. Regione Piemonte, Assessorato all'ambiente (1997).

Etaconsult ingegneria studio Maione ed associati (1993) – *Piano per la difesa del suolo e il riassetto idrogeologico della Valtellina e delle zone adiacenti* delle *provincie di Bergamo, Brescia e Como. Adeguamenti ed integrazioni alle proposte per lo schema previsionale e programmatico dei bacini idrografici a seguito del parere del Ministero dell'Ambiente n° 52 del 17 dicembre 1991. Opere di riassetto idrogeologico di piano interventi di 1° stralcio – Procedura A*. Regione Lombardia. Ministero dell'Ambiente, Commissione VIA.

Grünflächen bei Bahnanlagen. Handbuch für die Projektierung. SBB CFF FFS.

MACCAFERRI SpA (1994) – *Analisi prezzi di capitolato per formazione opere in gabbioni, materassi reno, terramesch, geomac, italmac-net*.

Ministero dell'Ambiente (Roma Settembre 1997) - *Linee guida per capitolati speciali per interventi di ingegneria naturalistica e lavori di opere a verde*.

PAIERO P., SEMENZATO P., URSO T. (1997) – *Biologia vegetale applicata alla tutela del territorio*. Regione autonoma FVG, Dir. Reg. Foreste, Dip. Territorio e sistemi agro-forestali Univ. Padova. Ed. Progetto Padova.

SAULI G. (1997) - *I metodi dell'ingegneria naturalistica applicati alle sistemazioni idrauliche* - Atti del Convegno: COME PROGETTARE IL PARCO FLUVIALE. Cesena 2 giu. 1995

SAULI G. (1998) – *Soil Biological Engineering Works in the Road Sector and their Applications in Different Climatic Conditions* in THE ENVIRONMENT IN ROAD LOCATION AND DESIGN. AIPCR (Associazione mondiale della strada). Helsinky, 14-15 maggio 1998.

SAULI G. (1998) – *Utilisation du génie végétal pour la protection des berges en Italie* Séminaire transnational «au fil de l'eau» Berdes et rivières d'Europe Valence (F) 30/09 – 2/10 1998

SAULI G. (1999) - *Casistica di interventi di ingegneria naturalistica: costi e risultanze*. Atti del Convegno transnazionale "Efficacia e costi degli interventi di ingegneria naturalistica" EFIB - AIPIN . Trieste 25-27 novembre 1999.

SAULI G. (1999) – *Protezioni spondali con tecniche di ingegneria naturalistica* AIIAD Associazione Italiana Ittiologi Acque Dolci – VII Convegno Nazionale 14 – 15 gennaio 1999 Hotel Carnia Stazione della Carnia (UD). (in stampa)

SAULI G. (1999) – *The transfer of soil bioengineering into new climatic, edaphic and floristic zones* - Atti della Conferenza 1999 « Ground and Water Bioengineering for Erosion Control and Slope Stabilization» IECA - First Asia Pacific Conference and Exibition Manila – Filippine 19-21 aprile 1999.

SAULI G., SIBEN S. (1995) - *Capitolato AIPIN. Voci di capitolato opere di ingegneria naturalistica dell'AIPIN*.

SCHIECTHL H. M. (1992) – *I salici nell'uso pratico*. Ed. Arca.

SCHIECHTL H. M. - *Bioingegneria forestale. Basi - Materiali da costruzione vivi – Metodi*. Ed Castaldi (Feltre).

SCHIECHTL H. M., STERN R., 1994 - Handbuch für naturnahen Wasserbau. Eine Anleitung für ingenieurbiologische Bauweisen. Österreichischer Agrarverlag

SCHIECHTL H. M., STERN R. (1992) – *Ingegneria naturalistica. Manuale delle opere in terra*. Ed Castaldi (Feltre).

SOTIR R. B. (1992) - *Soil Bioengineering for Upland Slope Protection and Erosion Reduction.* Cap. 18. United States Department of Agriculture Soil Conservation Service

ZEH H. (1988) - Ingenieurbiologische Uferverbauungen. Bauweisen und beispiele im Kanton Bern.

ZEH H. (1988) – *Opere di ingegneria naturalistica sulle sponde. Tecniche costruttive ed esempi nel Cantone di Berna (Svizzera*).

ZEH H. (1993) – *Ingenieurbiologische Bauweisen*. Studienbericht Nr. 4, 1993.

CAPITOLI 14 - 16

AA.VV. 1990 - *Tecniche di bioingegneria naturalistica negli interventi di recupero ambientale*. Acer 6

AA.VV., *Slope stabilization and erosion control. A bioengineering approach,* a cura di R.C.P. Morgan e R.J. Rickson, ed. E. and F.N. Spon, Londra, 1995.

AA.VV. 1997 - *Sistemazione tecnica e biologica dei corsi d'acqua: 20 anni di esperienze*. Az.Speciale Per La Regolazione Dei Bacini Montani Bolzano

ANPA, 2000 - I.F.F. Indice di funzionalità fluviale

Autorita' di Bacino del Fiume Tevere *Progetto Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico 2001*

Autorita' di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno *Piano Straordinario Ottobre 1999*

ARMANINI, A., 1999, Principi di Idraulica Fluviale, Editoriale Bios

ARMANINI, A. E RIGHETTI M. (1998), Resistenza al moto in alvei vegetati a scabrezza eterogenea, XXVI Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Catania, 9-12 settembre 1998

BARNES. H., *Roughness characteristics of natural channels*, United States Government Printing Office, Washington, 1967.

BRACCO, SARTORI, TERZO,1984 *Indagine geobotanica per la valutazione di un'area della bassa Padania occidentale* Atti Istituto Botanico Univ. Pavia serie 7, vol.3

CANTINI, C. *Criteri di progettazione e monitoraggio delle opere di Ingegneria Naturalistica***,** Tesi di laurea, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Università di Firenze, 2000.

CHEN C., *Flow resistance in broad shallow grassed channels*., J. Hydr. Eng*.,* ASCE, 102(3), 1976, pp.307-322.

CHOW VEN TE., *Open Channel Hydraulics*.,McGrow-Hill Book Co Inc., 1959.

CORNELINI P., 1996 - *Interventi di rinaturazione in ambito fluviale con tecniche di ingegneria naturalistica*. Tevere n° 2

CORNELINI P., CRIVELLI C.,PALMERI F., SAULI G. 2001- *La sistemazione idraulica del Rio Inferno* (FR) - Acer 2

CORNELINI P., CRIVELLI C., SAULI G. 2001 *La sistemazione idraulica del Canale di Mergozzo (VB): dal progetto al collaudo* - Acer 100

CORNELINI, LOCHE, PANI. PETRICCIONE, SQUARTINI, 1989 *L'uso dell'informazione vegetazionale nella definizione della qualità ambientale*- Informatore Botanico Ital. vol.21 n.1-3

CORNELINI P., PALMERI F., SAULI G. - Elenco delle specie arbustive autoctone comuni della flora italiana di potenziale impiego negli interventi di rinaturazione e di ingegneria naturalistica. In preparazione.

DARBY, S.E., *A computer program for prediction of stge-discharge relationshipd and boundary shear stress distributions in channels with vegetated boundaries*, users Manula, Dipartimento di Ingegneria Civile, Università degli Studi di Firenze

FATHI-MAGHADAM M., KOUWEN N., *Nonrigid, nonsubmerged, vegetative roughness on floodplains.* J. Hydr. *Div.*, ASCE, 123(1), 1997, pp.51-57.

FENZL N., DAVIS J. R*., Hydraulic resistance relationships for surface flows in vegetated channels.*, Transactions, American Society of Agricultural Engineers, 7(1), 1964, pp.46-55.

FERRAIOLO F., VICARI M. - *Programma Macra 1996.* Atti Convegno AIPIN Bologna "Sistemazioni idrauliche con metodi naturalistici"

FLORINETH F., 1995 *Consolidamento di frane ed erosioni in zone montane*. Az. Speciale Per La Regolazione Dei Bacini Montani Bolzano

FLORINETH F. *Analisi del limite. Acer 4, 1999*

GERTSGRASER C. *Wirksamkeit ingenieurbiologischer Bauweisen an Fliessgewassern, Convegno EFIB Trieste 1999* pp. 39-45

HEY R. D., *Flow resistance in gravel-bed rivers*., J. Hydr. Div., ASCE, 105(4), pp.365-379.

JOHANNSEN ex IRRES - Istituto regionale di ricerche economiche e sociali - Terni- *Manuale di Ingegneria Naturalistica* - Bozza Capitoli 1-5

KAUCH P., *Le barriere dell'acqua*, ACER, n. 3/1998, pp.70-73.

KIPAR A., *La rinaturalizzazione dei corsi d'acqua.*, ACER, n.6/1990, Corso di aggiornamento "La gestione degli ambiti fluviali.", vol.3, 1991, pp.17-19.

KIPAR A., PEVERELLI R., *La difesa spondale con le tecniche della IN*, ACER, n.3/1990 e n.4/1990, Corso di aggiornamento "La gestione integrata degli ambiti fluviali.", vol.2, 1991, pp.40-44.

KOUWEN N., LI R.M., *Biomechanics of vegetative channel linings*. J. Hydr. Div., ASCE, 106(6), 1980, pp.1085-1103.

KOUWEN N., *Modern approach to design of grassed channels*. J. Irrigation and Drainage Engineering, ASCE, 118(5), 1992, pp.733-743.

KOUWEN N., *Field estimationof biomechanical properties of grass*., J. Hydr. Res., ASCE, 26(5), 1988, pp.559-568.

KOUWEN N., LI R. M., SIMONS D. B., *Flow resistance in vegetated waterways*. Trans. ASAE, 24(3), 1981, pp.684-698.

KOUWEN N., LI R. M., SIMONS D. B., *Velocity measurements in a channel lined by flexible plastic roughness elements.*, Dept. of Civil Eng., Colorado State University, Fort Collins, Colo., 1980.

KOUWEN N., UNNY T. E., *Flexible roughness in open channels*., J. Hydr. Div., ASCE, 99(5), 1973, pp.713-728.

KUSTER P., *Valutazione della riduzione della capacità di deflusso in seguito alla crescita di vegetazione spondale nel caso di una sezione trapezoidale*, ???.

LI R. M., SHEN H. W., *Effect of tall vegetations on flow and sediment.*, J. Hydr., Div., ASCE, 99(HY5), 1973, pp.793-814.

MASTERMAN R., THORNE C.R., *Predicting influence of bank vegetation on channel capacity*. J. Hydr. Div., ASCE, 118(7), 1992, pp.1052-1058.

MARCHI E., RUBATTA A., *Meccanica dei fluidi*, 1981, UTET.

Ministero dell'Ambiente. Servizio VIA Commissione VIA, 1997 - *Linee guide per capitolati speciali per interventi di ingegneria naturalistica e lavori di opere a verde*. Prestampa. Reperibile AIPIN- TS

MOTAYED A. K., KRISHNAMURTHY M., *Composite roughness of natural channels*. , J. Hydr. Div., ASCE, 106(HY6), 1980, pp.1111-1115.

MYERS W. R. C., *Flow resistance in wide rectangular channels*., J. Hydr. Div., ASCE, 108(HY4), 1982, pp.471-482.

NAOT D., NEZU I., NAKAGAWA H., *Hydrodynamic behavior of partly vegetated open channels.*, J. Hydr. Div., ASCE, 122(11), 1996, pp.625-633.

NAOT D., NEZU I., NAKAGAWA H., *Hydrodynamic behavior of compound rectangular open channels.,* J. Hydr. Eng., ASCE, 119(3), 1993(a), pp.390-408.

NAOT D., NEZU I., NAKAGAWA H., *Calculation of compound open channel flow*.", *J. Hydr. Eng.*, ASCE, 1993(b), 119(12), pp.1418-1426.

PASCHE E., ROUVÉ G., "*Overbank flow with vegetatively roughened flood plains*., J. Hydr. Eng., ASCE, 111(9), 1985, pp.1262-1278.

PETRYK S., BOSMAJIAN G., *Analysis of flow through vegetation*., J. Hydr. Div., ASCE, 101(7), 1975, pp.871-884.

PIRRONE, G., Effetti della vegetazione in alveo e applicazione per lo studio della stabilità delle sponde*, Tesi di laurea, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Università di Firenze, 1998*

PRETI F., *Resistenza al moto in alvei vegetati. Stato dell'arte e prospettive di ricerca,* Convegno Efficacia e costi degli interventi di IN nelle sistemazioni idrauliche e di difesa del suolo, AIPIN-EFIB, 1998

PRETI F., 2002, *Più di un secolo di stime della pendenza d'alveo "stabile", in corso di pubblicazione in proprio*

PRZEDWOTSKI B., BLAZEJEWSKI R., PILARCZYK K.W., *River Training Techniques*, A.A. Balkema/ Rotterdam/ Brookfield ed., 1995, pp.409-438.

REGIONE TOSCANA, *Criteri e Metodi per l'Analisi dei fenomeni Alluvionali,* Collana Fiumi e Territorio, 1998.

REGIONE TOSCANA, *Principi e Linee Guida per l'Ingegneria Naturalistica, Voll. 1 e 2,* Collana Fiumi e Territorio, 2000 e 2001

RAUCH , H. P., *Belastung von ingenieurbiologischen Bauweisen am Beuspiel der Versuchsstrecke am Wienfluss*, Nr. 2 April 2000, ISSN 1422-008

REE W. O., PALMER V. J., *Flow of water in channels protected by vegetative linings*., Bulletin n°967, Soil Conservation Service, U. S. Dept. Of Agricolture, Washington, 1949, pp.1-115.

SAULI G., 1999 *The transfer of soil bioengineering into new climatic, edafic end floristic zones. Proceedings of the First Asia-Pacific Conference On Ground and Water Bioengineering for Erosion Control and Slope Stabilisation*. IECA. Manila, The Philippines. (Atti definitivi in stampa).

TEMPLE D. M., *Closure of volocity distribution coefficients for grass lined channels*., J. Hydr. Div., ASCE, 113(9), 1987, pp.1224-1226.

WHITEHEAD E., *A guide to the use of grass in hydraulic engineering practice.*, Construction Industry Research and Information Association, Londra, 1976.

SAULI G., SIBEN (a cura di) 1992. *Tecniche di rinaturazione e di ingegneria naturalistica: esperienze europee* Patron Edit, Quarto Infenore (BO)

SCHIECHTL H.M. Rist.1992. *Bioingegneria forestale - Biotecnica naturalistica* Ed. Castaldi. Feltre (BL)

SCHIECHTL H.M., STERN R 1992 *Ingegneria naturalistica - Manuale delle opere in ter*ra. Ed. Castaldi. Feltre (BL)

SCHIECHTL H.M., STERN R. 1996 *Ingegneria naturalistica - Manuale delle costruzioni idrauliche*. Ed. Arca Gradolo (TN)

ZEH H. et Al. 1988. *Opere Di ingegneria naturalistica sulle sponde: tecniche costruttive ed esempi nel cantone di Berna* (Trad. 1993). Ministero dell'Ambiente. Servizio VIA

ZEH H. 1996. *Tecniche di ingegneria naturalistica.*. Ed. Il Verde Editoriale, Milano.

TAVOLE ALLEGATI PROGETTUALI

TAV. 01 Climogramma della zona di Sutri. Golf club "le querce", Sutri (VT), sistemazione del fosso della Stanga. Ing. Dott. Paolo Cornelini, Ing. Achille Balossi Restelli, (08-07-1999).

TAV. 02 Carta fisionomico-strutturale della vegetazione esistente. Golf club "le querce", Sutri (VT), sistemazione del fosso della Stanga. Ing. Dott. Paolo Cornelini, Ing. Achille Balossi Restelli, (08-07-1999).

TAV. 03 Planimetria della sensibilità ambientale. XI Comunità montana del Lazio, Castelli Romani e Prenestina-Rocca Priora. Risanamento idrogeologico dell'area dei campi di Annibale e Pentima Stalla o fosso della Mola nei comuni di Rocca di Papa e Grottaferrata, progetto esecutivo Dott. Ing. Celso Crivelli, Ing. Dott. Paolo Cornelini, Dott. Fabio Palmeri, Dott. Giuliano Sauli, Dott. Geol. Fulvio Epifani, Dott. Geol. Giorgio Salvini. (gennaio-1999).

TAV. 04 Carta di localizzazione dei punti di ripresa fotografica. Golf club "le querce", Sutri (VT), sistemazione del fosso della Stanga. Ing. Dott. Paolo Cornelini, Ing. Achille Balossi Restelli, (08-07-1999).

TAV. 05 - 06 Foto di incolti e cespuglieti. Golf club "le querce", Sutri (VT), sistemazione del fosso della Stanga. Ing. Dott. Paolo Cornelini, Ing. Achille Balossi Restelli, (08-07-1999).

TAV. 07 Tabella con elenco delle specie legnose per interventi di rinaturazione. Piano degli interventi di prevenzione e ripristino dei danni alluvionali di cui alla legge 471/94-DLR n°332 del 21.04.97. Rio Inferno, comune di Cassino, progetto preliminare. Dott. Ing. Celso Crivelli, Ing. Dott. Paolo Cornelini, Dott. Fabio Palmeri. (28-01-1998).

TAV. 08 Tabella. Progetto di sistemazione idraulica del fosso di Ponte Panato presso Sutri (VT). Elenco delle specie legnose rinvenute nell’area dell’alveo. Ing. Dott. Paolo Cornelini, Ing. Achille Balossi Restelli, (08-07-1999).

TAV. 09 Sezione tipo 3, Rio Inferno. Piano degli interventi di prevenzione e ripristino dei danni alluvionali di cui alla legge 471/94-DLR n°332 del 21.04.97. Rio Inferno, comune di Cassino, progetto preliminare. Dott. Ing. Celso Crivelli, Ing. Dott. Paolo Cornelini, Dott. Fabio Palmeri. (28-01-1998).

TAV. 11 Sezioni con stato attuale della vegetazione Progetto Esecutivo Intervento di sistemazione idraulica del Fosso in località Miniera Comune di Urbino Progetto Enereco

TAV. 12 Grata viva e palificata. Quaderno delle opere tipo di Ingegneria Naturalistica. Ing. Dott. Paolo Cornelini.

TAV. 13 e 14 Sezioni 7b e9 Rio Inferno. Piano degli interventi di prevenzione e ripristino dei danni alluvionali di cui alla legge 471/94-DLR n°332 del 21.04.97. Rio Inferno, comune di Cassino, progetto esecutivo. Dott. Ing. Celso Crivelli, Ing. Dott. Paolo Cornelini, Dott. Fabio Palmeri. (10-08-1998).

TAV. 15 Sezione 4 Rio Valleluce. Lavori di sistemazione idraulica del rio Valleluce nel comune di S. Elia Fiumerapido, progetto esecutivo. Studio Idrotecnico Colosimo, Roma. (26-06-1998).

TAV. 16 Corografia 1° lotto funzionale. XI Comunità montana del Lazio, Castelli Romani e Prenestina-Rocca Priora. Risanamento idrogeologico dell'area dei campi di Annibale e Pentima Stalla o fosso della Mola nei comuni di Rocca di Papa e Grottaferrata, progetto esecutivo Dott. Ing. Celso Crivelli, Ing. Dott. Paolo Cornelini, Dott. Fabio

Palmeri, Dott. Giuliano Sauli, Dott. Geol. Fulvio Epifani, Dott. Geol. Giorgio Salvini. (10-06-1999).

TAV. 17 Tabella delle tipologie vegetazionali nelle vasche di espansione pantano e campo sportivo. XI Comunità montana del Lazio, Castelli Romani e Prenestina-Rocca Priora. Risanamento idrogeologico dell'area dei campi di Annibale e Pentima Stalla o fosso della Mola nei comuni di Rocca di Papa e Grottaferrata, progetto esecutivo. Dott. Ing. Celso Crivelli, Ing. Dott. Paolo Cornelini, Dott. Fabio Palmeri, Dott. Giuliano Sauli, Dott. Geol. Fulvio Epifani, Dott. Geol. Giorgio Salvini. (10-06-1999).

TAV. 18 e 19 Vasca di laminazione campo sportivo e Località Pantano. XI Comunità montana del Lazio, Castelli Romani e Prenestina-Rocca Priora. Risanamento idrogeologico dell'area dei campi di Annibale e Pentima Stalla o fosso della Mola nei comuni di Rocca di Papa e Grottaferrata, progetto esecutivo Dott. Ing. Celso Crivelli, Ing. Dott. Paolo Cornelini, Dott. Fabio Palmeri, Dott. Giuliano Sauli, Dott. Geol. Fulvio Epifani, Dott. Geol. Giorgio Salvini. (10-06-1999).

TAV. 20 e 21 Vasca di laminazione campo sportivo. XI Comunità montana del Lazio, Castelli Romani e Prenestina-Rocca Priora. Risanamento idrogeologico dell'area dei campi di Annibale e Pentima Stalla o fosso della Mola nei comuni di Rocca di Papa e Grottaferrata, progetto esecutivo Dott. Ing. Celso Crivelli, Ing. Dott. Paolo Cornelini, Dott. Fabio Palmeri, Dott. Giuliano Sauli, Dott. Geol. Fulvio Epifani, Dott. Geol. Giorgio Salvini. (10-06-1999).

Appendice B

CHAPMAN J. L., REISS M. J., 1994 – Ecologia. Principi e applicazioni. Ed. Zanichelli (BO)

Il nuovo Zingarelli 1984 - Vocabolario della lingua italiana. Ed. Zanichelli (BO)

La nuova enciclopedia delle Scienze Garzanti, 1988 – Ed. Garzanti

PIGNATTI S., 1995 - *Ecologia vegetale* – UTET

POLDINI L., GIOITTI G., MARTINI F., BUDIN S., 1992 – Introduzione alla flora e alla vegetazione del Carso. Ed. Lint (TS)

SCHIECHTL H. M. - *Bioingegneria forestale. Basi - Materiali da costruzione vivi – Metodi*. Ed Castaldi (Feltre).