



PTCP 2010

PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PROVINCIALE



PROVINCIA DI REGGIO EMILIA

LA PRESIDENTE DELLA PROVINCIA

Sonia Masini

L'ASSESSORE PIANIFICAZIONE:
CULTURA, PAESAGGIO, AMBIENTE

Roberto Ferrari

IL DIRIGENTE SERVIZIO PIANIFICAZIONE
TERRITORIALE, AMBIENTE E POLITICHE CULTURALI

Arch. Anna Campeol

Adottato dal
Consiglio Provinciale
con atto n° 92 del 06.11.2008

Approvato dal
Consiglio Provinciale
con atto n° 124 del 17.06.2010

IL SEGRETARIO GENERALE
Dott. Enzo E. Di Cagno

Allegato 12

**LINEE GUIDA DI BUONA PRATICA
AGRICOLA IN RELAZIONE ALLA
SUSCETTIBILITA' PER FRANE SUPERFICIALI**

NA

COORDINAMENTO PER L'ELABORAZIONE DEL PTCP 2010

PRESIDENTE

Affari Generali e Pari Opportunità: istruzione e comunicazione, innovazione tecnologica, protezione civile, Europa
Sonia Masini

VICE PRESIDENTE

Economia: attività produttive, commercio, turismo, lavoro e formazione
Pierluigi Saccardi

ASSESSORATI:

Risorse: risorse umane ed economico-finanziarie
Antonietta Acerenza

Sicurezza sociale: sanità, servizi sociali, casa
Marco Fantini

Pianificazione: cultura, paesaggio, ambiente
Roberto Ferrari

Infrastrutture: mobilità sostenibile e qualità dell'aria, sport, caccia e pesca
Alfredo Gennari

Agricoltura: promozione territoriale, tutela dei consumatori e benessere animale.
Roberta Rivi

STRUTTURA TECNICA

Area Cultura e Valorizzazione Del Territorio *(in essere fino al 23 Luglio 2009)*

Paolo Gandolfi *(Dirigente in carica fino al 30 Aprile 2007)*

Servizio Pianificazione Territoriale, Ambiente e Politiche Culturali

Anna Campeol (Dirigente)

U.O. PTCP, Programmi e Piani di Settore

Renzo Pavignani (Coordinatore), Francesca Ansaloni, Silvia Ascari, Simona Giampellegrini, Andrea Modesti, Lara Petrucci, Serena Pezzoli, Giuseppe Ponz de Leon Pisani *(fino al 31 Marzo 2008)*, Maria Giuseppina Vetrone

U.O. Difesa del Suolo e Protezione Civile

Federica Manenti, Alessio Campisi, Maria Cristina Cavazzoni, Matteo Guerra, Andrea Marchi

U.O. Attività estrattive

Barbara Casoli, Cristina Baroni, Andrea Chierici, Corrado Re

U.O. Pianificazione Urbanistica

Elena Pastorini, Maria Silvia Boeri, Francesca Cigarini

U.O. Aree protette e Paesaggio

Saverio Cioce, Elena Confortini, Rossana Cornia *(fino al 13 Maggio 2007)*, Alessandra Curotti, Dario Mussini, Federica Oppi, Gabriella Turina

U.O. Tecnico Giuridica, AIA e Procedimenti Deliberativi

Pietro Oleari, Alessandro Costi, Silvia Selmi

U.O. Amministrativa

Stefano Tagliavini, Mirella Ferrari, Francesco Punzi, Rosa Ruffini, Francesca Caroli, Paolo Arcudi *(fino al 30 Ottobre 2007)*

U.O. Sistema Informativo Territoriale

Stefano Bonaretti, Davide Cavecchi, Emanuele Porcu

U.O. VIA e Politiche Energetiche

Giovanni Ferrari, Aldo Treville, Paolo Ferri, Beatrice Cattini, Alessandro Cervi

U.O. Qualità dell'Aria

Francesca Inverardi, Cecilia Guaitoli, Raffaele Cosimo Scagliosi

U.O. Tutela ed uso risorse idriche

Attilio Giacobbe, Raffaella Geroldi *(fino al 31 Luglio 2009)*, Aimone Landini, Raffaele Scagliosi, Simona Tagliavini, Davide Varini

Consulenti e progettisti esterni

Sistema paesistico-percettivo

Prof. Roberto Gambino, Politecnico di Torino, Arch. Federica Thomasset, Arch. Raffaella Gambino

Sistema storico - archeologico

Arch. Elisabetta Cavazza

Dott. James Tirabassi

Sistema ecologico e VALSAT/VINCA

Prof. Sergio Malcevschi (NQA), Dott. Luca Bisogni (NQA), Dott. Riccardo Vezzani (NQA)

Sistema insediativo

Prof. Federico Oliva, Arch. Piergiorgio Vitillo, Laboratorio labURB, DIAP, Politecnico di Milano
Tecnicoop (insediamenti commerciali)

Sistema ambientale

Dott. geol. Gian Pietro Mazzetti (pericolosità sismica)

Prof. Alessandro Corsini, Dott. Federico Cervi, Univ. Modena e Reggio (frane di superficie)

Ing. Tiziano Binini, Ing. Gianluca Lombardi Studio

Binini Architetti & Ingegneri Associati (fasce fluviali)

Percorso di partecipazione e ascolto

Prof. Alessandro Balducci, Arch. Claudio Calvaresi, Arch. Elena Donaggio, DIAP, Politecnico di Milano

Sistema economico

PEGroup

HANNO INOLTRE CONTRIBUITO:

Servizio Ambiente (*in essere fino al 23 Luglio 2009*)

Annalisa Sansone (Dirigente)

Servizio Infrastrutture, Mobilità Sostenibile, Patrimonio ed Edilizia

Valerio Bussei (Dirigente)

Stenio Melani (Dirigente)

Ermenegildo Deolmi (*Dirigente fino al 30 Giugno 2009*)

Giovanni Raudino (Funzionario)

Area Risorse e Attività Economiche (*in essere fino al 23 luglio 2009*)

Ivana Nicolai (Dirigente)

Servizio Sviluppo Economico, Agricoltura e Promozione del Territorio

Mariapia Tedeschi (Dirigente esperto)

U.O. Statistica generale

Lamberto Melloni, Tagliavini Claudia (*fino al 30 Giugno 2008*)

U.O. Sostegno alle Imprese e competitività

Cristina Toschi, Federica Pasini, Tania Reggiani

U.O. Avversità Naturali e Controllo

Giorgio Pergreffi

Servizio aiuti imprese agricole (*in essere fino al 23 Luglio 2009*)

Antonio Tamelli (*Dirigente in carica fino al 30 Aprile 2008*)

Servizio Valorizzazione Produzioni Agricole (*in essere fino al 23 Luglio 2009*)

Massimo Bonacini (Dirigente)

Area welfare locale (*in essere fino al 23 Luglio 2009*)

Angela Ficarelli (Dirigente)

Servizio Programmazione Sociale, Sanitaria e Abitativa (*in essere fino al 23 Luglio 2009*)

Marialodovica Fratti (Dirigente)

Servizio Programmazione Scolastica, Educativa ed Interventi per la sicurezza sociale

Paola Canova (Dirigente)

Servizio Affari Generali

Angela Ficarelli (Dirigente)

U.O. Valorizzazione Archivio Storico e Protocollo

Alberto Ferraboschi (Storico)

INDICE

Relazione: Linee guida di buona pratica agricola in relazione alla suscettibilità per frane superficiali

1. Introduzione	3
2. Alcune regole per un corretto uso del suolo	4
2.1. Il ruolo della vegetazione nella difesa del suolo	4
2.2. Le azioni di prevenzione	5
2.3. Le sistemazioni agrarie	5
2.3.1. Principi generali	5
2.3.2. La scelta delle colture	6
2.3.3. Le lavorazioni	6
2.3.4. Agricoltura e difesa del suolo	7
2.4. La regimazione delle acque	9
2.4.1. Regimazione delle acque superficiali in eccesso	10
2.4.2. Regimazione dei ristagni idrici temporanei	10
2.5. Consolidamento di terreni agricoli	11
2.5.1. Raccogliere e trasportare in superficie le acque sotterranee	12
2.5.2. Consolidare la pendice spezzando il movimento franoso in più parti e creando uno o più punti di appoggio alle masse di terreno poste a monte	13
2.5.3. Rimodellare la superficie del terreno sconvolto dal movimento attraverso spostamenti di terreno	13
2.5.4. Ricostruzione di tutta la rete idraulica di scolo delle acque superficiali	13
2.5.5. Predisporre per la semina del prato permanente o rimboschimento	14
3. Principi di ingegneria naturalistica	15
3.1. Concetti generali	15
3.2. L'ingegneria naturalistica nella sistemazione dei versanti e dei corsi d'acqua	15
3.3. Interventi di ingegneria naturalistica nelle sistemazioni idrogeologiche	16
3.4. Principali tipologie di opere per il controllo dell'erosione superficiale	19
Opere di sistemazione dei versanti	22
Protezioni superficiali	23
Canaletta inerbita	23
Canaletta in legname e pietrame	24
Fascinate vive	25
Fosso presidiato con legname e pietrame	26
Protezione dei versanti con reti e inerbimento	27
Opere di drenaggio	28
Dreni suborizzontali	28
Drenaggi con fascine	29
Opere di sostegno dei versanti	30
Muro a secco	30
Muro in gabbioni	31
Tecniche di ingegneria naturalistica	32
Gradonate	32
Cordonate	32
Palizzate	33
Grata viva	33

I CONTENUTI DEL PRESENTE ALLEGATO HANNO VALORE D'INDIRIZZI

1. INTRODUZIONE

I dissesti superficiali di piccole e medie dimensioni, molto frequenti nel basso e medio Appennino reggiano, causano ogni anno interruzioni alla circolazione stradale e provocano danni al territorio per cifre ragguardevoli.

Per questo motivo è stato commissionato uno studio all'Università di Modena e Reggio Emilia sulle cause di questi numerosi fenomeni franosi, cioè scollamenti di suolo e scivolamenti in terra poco profondi (massimo 3 m), che coinvolgono le coperture detritiche di alterazione ed i suoli sulle litologie argillose e flyschoidi. Lo studio ha interessato la fascia collinare compresa fra i comuni di Albinea e di Castelnovo ne' Monti, delimitata ad est ed ovest dal Fiume Secchia e dal Torrente Enza, per un areale di circa 450 Km².

L'analisi statistica è stata effettuata su ben 885 dissesti superficiali verificatisi in seguito a 2 soli intensi eventi meteorici recenti, individuati e censiti con fotografie aeree.

Questi fenomeni avvengono principalmente:

in occasione di periodi piovosi prolungati e/o in seguito a scioglimenti repentini del manto nevoso accumulato nella stagione invernale, dimostrando come il loro innesco sia legato alla raggiungimento di una progressiva saturazione del terreno.

su versanti ad uso agricolo dove la pratica dell'aratura spesso comporta l'obliterazione della rete secondaria di drenaggio superficiale.

a monte di strade comunali e provinciali, causandone talora l'occlusione o, nei casi peggiori, la distruzione per tratti fino a 100 m di lunghezza.

Altro aspetto peculiare, oltre alle modeste dimensioni, è che nella maggioranza dei casi si tratta di fenomeni di neoformazione e che le evidenze di terreno di tali dissesti scompaiono nel giro di pochi mesi/anni. Queste caratteristiche comportano che nessun evento di questo tipo sia catalogato e rappresentato nelle cartografie ufficiali che riportano i fenomeni franosi, sia attivi che antichi, di dimensioni riportabili alla scala 1:25.000 (CARTA INVENTARIO DEL DISSESTO DELLA PROVINCIA DI REGGIO EMILIA).

Dallo studio dell'Università di Modena e Reggio Emilia emerge chiaramente come, tra tutti i fattori considerati, quelli che sembrano mostrare un maggior controllo sulle frane superficiali siano i **suoli**, in particolare quelli derivati da formazioni geologiche flyschiodi e detrito di versante eluvio-colluviale, lo **spessore** di queste coperture detritiche (nella maggior parte dei casi intorno ai 3 m) e l'uso del suolo, soprattutto quello **coltivato**.

Si evince che l'applicazione di metodi irrazionali di sfruttamento del suolo è la principale fra le cause che concorrono ad aggravare il problema del dissesto idrogeologico della zona collinare e montana. Infatti le lavorazioni troppo profonde o troppo frequenti, effettuate su terreni che per loro natura e giacitura devono invece essere rimossi il meno possibile, causano gravi danni.

Inoltre, un terreno coltivato e salvaguardato dall'uomo, quando viene **abbandonato**, è esposto alla progressiva compromissione degli equilibri preesistenti e conseguentemente subisce effetti di erosione superficiale e profonda.

Il razionale utilizzo del suolo è quindi condizione indispensabile per concorrere a raggiungere una soddisfacente condizione di assetto idrogeologico delle pendici. Coltive appropriate e tecniche adatte nelle lavorazioni, unitamente all'esecuzione e al mantenimento delle opere di regimazione delle acque, sono fattori in stretta interdipendenza tra loro.

Al fine di permettere l'individuazione delle aree del territorio collinare e montano maggiormente sensibili al tema del dissesto, si rimanda alla consultazione della CARTA DI SUSCETTIBILITÀ PER FRANE SUPERFICIALI (shallow translational slides e soil slips) - 1:10.000 elaborata nell'ambito dello studio universitario sopra menzionato.

Tale carta, che suddivide il territorio collinare esaminato sulla base di 4 tipologie di aree a suscettività al dissesto (alta, media, bassa e nulla) permette anche ai non esperti di individuare con facilità quali sono gli ambiti territoriali maggiormente predisposti al dissesto superficiale, che conseguentemente necessitano di maggiore rigore nell'attuazione delle opere di regimazione delle acque e nell'esercizio delle attività di conduzione agricola, secondo le indicazioni di buone pratiche riportate nelle presenti linee guida.

2. ALCUNE REGOLE PER UN CORRETTO USO DEL SUOLO

2.1. Il ruolo della vegetazione nella difesa del suolo

Le piante svolgono un'importante funzione nella difesa del suolo contrastando l'azione disagregatrice degli agenti atmosferici, in particolare delle precipitazioni, tramite azioni di tipo meccanico e di tipo idrologico. Le azioni di tipo meccanico derivano dall'interazione fisica delle radici delle piante con il substrato e si traducono essenzialmente nella protezione del suolo dalle acque dilavanti unitamente alla stabilizzazione dello strato superiore dello stesso. In particolare:

le radici legano le particelle di suolo diminuendone la erodibilità e lo rinforzano, aumentandone la resistenza al taglio con un meccanismo analogo a quello delle terre rinforzate;

le radici degli arbusti possono funzionare da chiodi vivi ancorando alla roccia stabile sottostante lo strato superiore instabile;

le radici degli alberi possono fornire un supporto stabile al suolo formando degli aggregati assimilabili a pilastri di terra rinforzata che fungono da sostegno diretto o da spalle al suolo non stabilizzato che vi si scarica con effetto arco. L'azione protettiva delle piante sui versanti si traduce quindi nella conservazione del suolo con la riduzione del trasporto solido a valle. Sui versanti poco stabili l'effetto degli alberi può però tradursi in fenomeni contrari alla stabilità del pendio stesso in quanto;

il peso degli alberi costituisce un sovraccarico che nella sua componente parallela al versante produce un effetto destabilizzante;

l'effetto del vento si traduce nella trasmissione di sforzi dinamici alla scarpata a causa del momento flettente indotto; Il ruolo di una copertura vegetale può risultare comunque essenziale ai fini della stabilità anche nelle situazioni geomorfologiche più sfavorevoli (forti pendenze, substrati erodibili, ecc.), ove l'azione protettiva di una copertura arbustiva o erbacea piuttosto che arborea può risultare determinante ai fini della prevenzione del dissesto idrogeologico. Analogamente la vegetazione svolge sul pendio azioni di tipo idrologico;

le foglie intercettano le precipitazioni e causano perdite per assorbimento ed evaporazione che riducono la percentuale di pioggia per l'infiltrazione;

i fusti, le foglie delle specie erbacee e le radici aumentano la scabrezza della superficie e la permeabilità del suolo incrementando la capacità di infiltrazione dei suoli;

le piante estraggono l'umidità dal suolo e la disperdono nell'aria con l'evapotraspirazione, con una riduzione del contenuto idrico del suolo. Esiste quindi un effetto importante dei popolamenti forestali sul ciclo idrologico riconducibile a due azioni fondamentali;

l'alta efficienza dei popolamenti forestali nell'evaporazione dell'acqua intercettata che contribuisce ad una significativa riduzione dei deflussi;

il ruolo dei suoli forestali evoluti con il risultato di una azione regimante sui fenomeni di piena, essenziale ai fini della riduzione del rischio idrogeologico.

Le funzioni di regolazione del ciclo idrologico che esercitano i suoli forestali evoluti consistono essenzialmente nel favorire il deflusso delle acque meteoriche nei macropori a velocità ridotta, nel loro assorbimento e successivo rilascio graduale con un aumento del tempo di corrivazione e la riduzione dei picchi di piena a valle. Il potere regimante ed antiersivo del bosco trova conferma in numerose indagini sperimentali che dimostrano, ad esempio, che il taglio a raso provoca aumenti del deflusso compresi fra il 20 e l'80%, con incremento degli eventi di piena dal 50% al 100%. Si comprende quindi il ruolo essenziale della copertura vegetale ai fini della prevenzione dei dissesti idrogeologici nelle sue varie articolazioni di bosco con terreni forestali evoluti fino ai popolamenti arbustivi ed erbacei, importantissimi nelle aree instabili.

2.2. Le azioni di prevenzione

Nella parte alta del bacino, ove prevale l'attività erosiva, la manutenzione va intesa come conservazione del suolo e trattenimento delle acque il più a lungo possibile. Si ottengono così benefici di carattere meccanico ed idraulico, in quanto la copertura vegetale viva, tramite le radici, consolida il suolo e, tramite la parte aerea, lo protegge dall'erosione, migliorandone la capacità di laminazione delle piene. Accanto ai tradizionali interventi di rimboschimento e di miglioramento dei boschi degradati con specie arboree autoctone, vanno incentivati gli interventi diffusi di controllo dell'erosione, del deflusso superficiale e di consolidamento dei versanti in frana con la messa a dimora di specie erbacee ed arbustive autoctone; inoltre gli interventi di mantenimento della funzionalità del reticolo idraulico e di ricostituzione di zone umide per l'aumento del tempo di corrivazione e la diminuzione della portata di piena e del trasporto solido, comportano una riduzione del rischio idrogeologico, oltre all'aumento della biodiversità e della qualità ambientale e paesaggistica del territorio con un beneficio anche economico a valle, dovendosi in genere prevedere opere di protezione minori.

2.3. Le sistemazioni agrarie

2.3.1. Principi generali

Per quanto riguarda le attività agricole, prevalenti nella fascia collinare, le sistemazioni idraulico-agrarie, che avevano raggiunto nella prima metà del secolo scorso un notevole livello di perfezione, in seguito alla specializzazione delle colture ed alla crescente meccanizzazione, sono state in gran parte abbandonate ed eliminate, con il risultato di un incremento dei fenomeni di instabilità dei versanti. Risulta pertanto essenziale il ritorno ad un governo delle acque con adeguata rete di scolo superficiale basata sulle fosse livellari a girapoggio, collegate a collettori naturali o artificiali, unitamente ai drenaggi profondi, ove necessario. Ai fini della conservazione del suolo, risulta di notevole importanza la presenza di una copertura vegetale erbacea in quanto il cotico erboso esplica una notevole azione nella difesa dal ruscellamento. Questo vale non solo nella manutenzione dei pascoli e dei prati, ma anche nel caso dei frutteti e vigneti ove la realizzazione di strisce erbose tra le file impedisce la perdita del suolo. Vanno anche considerate le azioni da intraprendere per la protezione antierosiva sui terreni abbandonati alle pratiche agricole che possono consistere in semplici regimazioni idrauliche accompagnate da semine e/o piantagioni di specie arbustive pioniere. Per la prevenzione del rischio idrogeologico va poi effettuata una corretta gestione delle colture agrarie, nei termini più oltre indicati. In sintesi, nel piano degli interventi di manutenzione del territorio del bacino e delle opere di difesa si possono individuare, per le fasce montane, collinari, ma anche di pianura, di un bacino idrografico, delle linee d'intervento principali mirate a:

curare la efficace manutenzione delle opere di difesa idraulica e idrogeologica esistenti;

conservare il buon regime idraulico dei corsi d'acqua e favorire la creazione di nuove aree di esondazione;

ripristinare la naturalità dei corsi d'acqua tutelandone il ruolo di corridoi ecologici ricostituendo le fasce di vegetazione ripariale

migliorare la funzionalità idraulica dei suoli forestali;

controllare i fenomeni di erosione superficiale, areale e lineare nella fascia montana e collinare, anche a seguito degli incendi;

consolidare e stabilizzare i versanti;

curare interventi nel settore agricolo e forestale finalizzati alla difesa del suolo anche tramite incentivi per la pianificazione di attività agricoloforestali e pastorali collaboranti e compatibili con la difesa del suolo.

2.3.2. La scelta delle colture

L'equilibrio idrogeologico in collina può essere garantito da appropriati investimenti colturali, da una corretta conduzione agro-forestale e dalla rigorosa osservanza dei vincoli ambientali. In particolare è consigliabile attenersi ai seguenti criteri:

Destinare ad **essenze forestali** a scopo plurimo (produttivo, protettivo ed ecologico) le plaghe non vocate all'attività agricola a causa dei vincoli dovuti a instabilità, pendenza, difficile accessibilità, difficoltà nelle lavorazioni. Procedere, prima del rimboschimento ad effettuare eventuali opere di difesa, di sponda e di versante, con terrazzi, graticciati in legno o simili. È bene, nei primi anni dell'impianto, inerbire con essenze idonee (graminacee, sulla e altre specie consolidatrici) il terreno sottostante le piantine. È opportuno comunque porre in rilievo che in alcune particolari situazioni gli impianti forestali, specialmente quelli di alto fusto, causa l'aggravio di carico conseguente, possono essere addirittura controproducenti per la stabilità dei pendii quando si tratta, ad esempio, di frane il cui piano di scorrimento, per profondità, non può essere favorevolmente interessato dal potere di aggrappamento e trattenuta del terreno ad opera degli apparati radicali.

Destinare a foraggiere di tipo semi-estensivo, prato stabile o prato-pascolo, le plaghe suscettibili di utilizzazione agricola, ma con il limite della pendenza eccessiva (superiore al 35-40%). Avere cura, nel pascolamento, di dosare opportunamente il carico di bestiame, di gestire i turni di permanenza in modo da evitare la rottura o l'alterazione del cotico, ed evitare, specialmente nei terreni argillosi, il calpestio durante i periodi di pioggia intensa.

Dove le condizioni del terreno consentono l'impianto di prati avvicendati, si consiglia di seminare miscugli di leguminose e graminacee (medica + *Phleum pratense*) o graminacee in purezza (tra cui la *Festuca arundinacea*, il *Phleum pratense*, la *Dactylis glomerata*) le quali hanno un indice di protezione dall'erosione più alto delle leguminose.

Qualora esistano dei prati spontanei costituiti da buone essenze foraggiere, intervenire con semplice miglioramento del cotico: erpicatura, trasemina, concimazione.

Riservare alle colture annuali, che richiedono frequenti lavorazioni, specialmente arature, le plaghe a moderata pendenza, meno predisposte all'erosione e al dissesto, curando attentamente l'efficienza dei collettori, dei fossi e delle scoline secondarie.

Le colture frutticole e viticole specializzate vanno impiantate nelle plaghe più stabili e resistenti al dissesto. Anche in questo caso prevenire l'erosione superficiale curando i collettori e le scoline. Le lavorazioni, da farsi solo nel periodo estivo, devono essere comunque superficiali. Consigliabile è il coricamento del terreno sottostante i filari.

Mantenere le piante arboree sparse già esistenti, sia frutticole o di tipo forestale, evitandone l'abbattimento specialmente lungo i fossi naturali o i collettori artificiali, le carreggiate, i bordi degli appezzamenti. Queste piante rivestono un'importanza notevole per prevenire fenomeni di dissesto. Non effettuare tagli a tappeto dei boschi, ma tagliare per stralci, lasciando gli arbusti che compongono il sottobosco e rispettando il matricinamento.

Evitare grossi movimenti di terra quali sbancamenti, riporti e ripianamenti. Sono questi lavori che modificano radicalmente il profilo superficiale del terreno, e quindi rischiano di stravolgere il normale deflusso delle acque, la stabilità del suolo e l'equilibrio vegetazionale.

2.3.3. Le lavorazioni

Le lavorazioni dei terreni acclivi, specialmente quelle profonde, debbono avere una propria metodologia, che non è comune ai terreni di piano. La tendenza già da molto tempo in atto, per quanto concerne le lavorazioni profonde (arature), è quella di operare secondo le linee di massima pendenza, in quanto risulta più agevole e meno pericoloso, specialmente ora che si usano frequentemente, anche in montagna, trattori a ruote gommate. Non è il caso di mettere in discussione questa adozione tecnologica ormai largamente diffusa, ma è opportuno dare alcuni consigli in merito.

Inoltre, nelle zone collinari e montane, è pressoché scomparso ogni concetto di sistemazione tradizionalmente intesa, mentre si tende a lasciare la morfologia superficiale in analogia ai profili naturali.

Ciò, se praticato correttamente, risulta razionale, in quanto evita di attuare movimenti di terreno artificiali e destabilizzanti nel caso che questi arrivino a superare il metro di spessore. In sintesi, per prevenire il dissesto, occorre, nelle lavorazioni, rispettare le seguenti condizioni:

arare ad una profondità limitata alle esigenze agro-colturali e cioè non superare i 35-40 cm. di spessore, per non intaccare lo strato inerte sottostante e incorrere nell'aumento delle possibilità di erosione e smottamento;

limitare in generale la frequenza delle arature, che non dovrebbero comunque superare il numero di 2-3 nell'arco di dieci anni;

non arare i terreni con pendenze superiore al 30-35% se non una volta ogni 10 anni;

arare in condizioni di tempera (ossia quando il grado di umidità del terreno è tale da garantire le migliori condizioni per lavorarlo), per favorire la ricomposizione della tessitura normale del suolo; in particolare, per quanto attiene ai suoli con oltre il 15-20% di argilla, evitare di ararli quando il suolo è pressoché saturo di acqua;

a monte degli appezzamenti soggetti ad aratura predisporre sempre i fossi di guardia e curarne l'efficienza;

non arare terreni a natura prettamente argillosa (superiore al 30%) che siano "vergini", cioè mai messi a coltura oppure abbandonati da oltre un decennio, in quanto sarebbero sicuramente improduttivi per carenza di pedogenesi e si avrebbe un aumento notevole delle possibilità di dissesto;

curare il profilo morfologico di superficie degli appezzamenti in modo da evitare pericolosi ristagni di acqua;

curare i letti di semina delle colture erbacee favorendo la normale penetrazione e lo scolo delle acque superficiali;

negli appezzamenti investiti a frutteto o a vigneto effettuare le lavorazioni superficiali (zappature, fresature) nel limite di una all'anno e solo nel periodo estivo o primaverile-estivo;

adottare le scoline secondarie, poste a dovuta distanza l'una dall'altra (a seconda della pendenza, della natura del terreno e della lunghezza del loro percorso) e curare sempre la loro efficienza;

pulire con periodicità i fossi naturali dalle piante sradicate, dai rami secchi, dai rovi, ecc. per mantenerli efficienti e nel loro alveo naturale;

alternare alle lavorazioni profonde altre più superficiali (15-20 cm.); nei casi in cui può essere conveniente adottare la lavorazione a due strati.

Sottolineiamo infine, che in certe aree ogni tipo di lavorazione può essere pericoloso per la stabilità del suolo, per cui risulta più conveniente lasciare queste zone così come si trovano o come l'azione del tempo le ha trasformate. È inopportuno insistere nella coltivazione di aree, con avvicendamenti colturali ordinari, se il suolo, anche attraverso opere di bonifica agraria e l'applicazione di corretti metodi di lavorazione, non raggiunge un soddisfacente grado di stabilità.

2.3.4. Agricoltura e difesa del suolo

Con le premesse sopra richiamate vediamo quali sono le colture che in collina e montagna, consentono di difendere il suolo dall'erosione, dalla lisciviazione superficiale e dai movimenti gravitativi e nel contempo permettono di esercitare una agricoltura remunerativa.

Frutteti specializzati

Trovano conveniente collocazione nelle fasce collinari e bassomontane ad altimetria fino ai 400-500 metri a seconda delle singole realtà ambientali. Generalmente le specie adatte sono le drupacee quali pesco, albicocco, susino e ciliegio.

Quest'ultimo in particolare, si estende talvolta fino ad altimetrie superiori alle altre, sui suoli detritici a sottosuolo arenaceo o comunque scarsamente cementato. Queste colture assicurano, tramite

l'apparato radicale, una funzione importante di stabilità del suolo, preservandolo da movimenti gravitativi e da erosioni di forte entità. Per contro, se il suolo investito a frutteto è di natura sciolta ed i filari vengono posti secondo la massima pendenza, si possono favorire le erosioni di superficie e provocare frane di una certa entità e talvolta anche ruscellamenti e dissesti profondi. Appare pertanto opportuno rispettare le seguenti indicazioni:

predisporre filari secondo le linee di livello;

proteggere, a monte delle aree a frutteto, il deflusso delle acque con fossi di scolo a cielo aperto;

in alternativa, se i filari vengono posti a rittocchino, mantenere gli interfilari inerbiti con graminacee, curando frequentemente lo sfalcio per evitare la concorrenza al frutteto o facilitare la diffusione delle malattie fungine.

Vigneti specializzati

Trovano conveniente collocazione nelle aree esposte a sud, sud-est e sud-ovest fino ad una altimetria di 200-400 metri a seconda delle zone. Valgono gli stessi criteri indicati per i frutteti specializzati. Unica differenziazione è che il vigneto viene impiantato anche nei suoli a natura argilloso-calcareo, più resistente all'erosione superficiale ma più soggetti ai movimenti di tipo gravitativi.

Colture erbacee annuali

Le erbacee annuali - tra cui possiamo annoverare i cereali da granella e a maturazione cerosa (grano, orzo, mais) e gli erbai annuali o intercalari (mais, avena, orzo, segale, sorgo, misti) - non assicurano un'adeguata protezione del suolo, sia dall'erosione superficiale sia dal dissesto gravitativo. Ciò perché tali colture richiedono arature profonde, hanno un ciclo molto breve e un apparato radicale con scarsa penetrazione e diramazione. Occorre pertanto, nell'ambito aziendale, riservare alle colture annuali le aree meno acclivi e meno predisposte all'erosione ed al dissesto. È inoltre indispensabile proteggere i campi così coltivati, con fossi di guardia a cielo aperto e assicurare lo scolo superficiale con scoline o solchi disposti in modo trasversale rispetto alla linea di massima pendenza.

Colture erbacee poliennali avvicendate

Tra le più frequenti si citano le foraggere avvicendate (medica, trifogli, lupinella, sulla, ginestrino, miscugli leguminose-graminacee, graminacee in purezza). Data la periodicità delle lavorazioni profonde (ogni 3-5 anni) e la buona qualità del cotico, queste colture hanno un effetto coprente molto più alto rispetto alle erbacee annuali. L'effetto resistenza all'erosione superficiale è valutata in 3-5 volte maggiore. Anche rispetto al dissesto profondo la loro funzione è molto efficace. Il miglior effetto coprente, nell'ambito delle colture citate, è rappresentato dai miscugli graminacee-leguminose o graminacee in purezza, specialmente le rizomatose. Infatti il cotico che si forma con queste essenze è pressoché totalmente coprente la superficie del suolo e funziona da perfetto regolatore della velocità di corruzione e di penetrazione delle acque superficiali. È però condizione preliminare, per la formazione di un buon cotico con funzione protettiva, che l'impianto riesca bene e cioè venga attuato con tutti gli accorgimenti necessari e le dovute tecniche colturali affinché abbia una densità ottimale e una buona vigoria vegetativa. Quindi occorre curare bene il letto di semina, la scelta della quantità e qualità del seme, le concimazioni di fondo all'impianto e quelle in copertura negli anni successivi.

Coltivazioni erbacee permanenti e prato-pascolo

Sono cotici formati quasi esclusivamente o prevalentemente da graminacee, anche se talvolta vi si inseriscono le leguminose. Tra le graminacee più adottate, con diversità a seconda delle condizioni di ambiente, ricordiamo: *Festuca arundinacea*, *Festuca rubra*, *Dactylis glomerata*, *Plieum pratense*. A volte si aggiungono piccole quantità di ginestrino, trifoglio bianco, trifoglio pratense (leguminose). Nel corso degli anni le essenze tendono a diminuire di numero a favore di quelle più adatte per quell'ambiente e di più facile resistenza al clima, al calpestamento degli animali, ecc. Anche per queste essenze, occorre curare l'impianto e le concimazioni. Se l'impianto è riuscito, viene usato bene e costantemente concimato, il prato di graminacee è quello che dà maggiori

garanzie dall'erosione superficiale e dal dissesto profondo, per la perfetta funzione regolatrice sulla velocità di corrivazione e penetrazione delle acque superficiali ed è in grado di fornire alte produzioni foraggere. È pertanto il cotico ideale per le aree a pendio superiore al 35% ove è inopportuno intervenire con arature. Infatti un prato di graminacee può essere insediato efficacemente anche con sole lavorazioni superficiali (fresatura, erpicatura con erpici rigidi) a cui far seguire la semina su solido ed una eventuale rullatura. Nei casi in cui il prato di graminacee venga utilizzato a pascolo, occorre prestare attenzione ad alcuni accorgimenti:

far turnare il bestiame sul terreno a pascolo, togliendolo non appena è esaurita l'erba per evitare danneggiamento al cotico per eccesso di calpestamento;

nei periodi piovosi, specie sui suoli di natura prettamente argillosa, evitare la permanenza del bestiame in quanto il cotico danneggiato difficilmente recupera la copertura;

evitare in ogni caso il sovraccarico di bestiame sul terreno pascolivo, poiché oltre al danneggiamento del cotico si rompe l'equilibrio tra le essenze, con frequente comparsa di infestanti e loro rapida moltiplicazione.

2.4. La regimazione delle acque

La *regimazione delle acque in eccesso* rappresenta la miglior tutela, il miglior uso e il miglior sfruttamento che l'uomo può esercitare sulle risorse dell'ambiente in cui vive e lavora. Per regimazione delle acque in eccesso nei terreni agrari si intende quell'insieme di interventi tecnici messi in atto allo scopo di regolare il deflusso della massa idrica eccedente senza compromettere la costituzione di confacenti riserve di acqua nel suolo. L'importanza della regimazione delle acque in eccesso (anche nelle aree non agricole) trae origine dalla gravità e vastità dei danni che una non appropriata risoluzione del problema comporta: ristagno sugli appezzamenti coltivati, erosione, scalzamento di ponti o di altri manufatti, interrimento di invasi, interrimento di alvei, depositi alluvionali sui terreni agrari a valle, insufficiente accumulo di acqua nei terreni agrari posti in pendio, alterazione del regime delle falde, allagamenti di terreni coltivati e di centri abitati, ecc.

La semplice elencazione sopra riportata rivela una stretta connessione fra regimazione delle acque, difesa del terreno dall'erosione (conservazione del suolo) e difesa del territorio dalle inondazioni. La problematica è dunque molto vasta e trascende gli aspetti strettamente agronomici per abbracciare questioni di più ampio respiro e di interesse generale. Le frequenti alluvioni che funestano il nostro Paese ne rappresentano altrettante drammatiche esemplificazioni. Due sono perciò gli obbiettivi della regimazione delle acque in eccesso:

1. permettere un soddisfacente esercizio dell'agricoltura;
2. contribuire ad una migliore regimazione idrica di tutto il territorio e quindi all'attenuazione, se non all'annullamento dei possibili danni alle aree extragricole.

Soprattutto in funzione della giacitura del terreno, l'eccesso di acqua può originare due fenomeni antitetici:

- A. ristagno idrico come conseguenza di uno smaltimento troppo lento
- B. allontanamento troppo veloce dell'acqua con trasporto di terra e insufficiente immagazzinamento

La regimazione delle acque in eccesso è regolamentata da diversi e noti provvedimenti legislativi (di cui è possibile consultarne un ampio stralcio in appendice), in questa sede ci si limita ad indicare le tecniche e le modalità di esecuzione delle opere di convogliamento e allontanamento di acque superficiali e profonde lungo terreni agricoli stabili o predisposti al dissesto idrogeologico o sottoposti già all'azione di movimenti franosi attivi.

2.4.1. Regimazione delle acque superficiali in eccesso

La superficie agricola utilizzata dalle aziende è destinata nella maggior parte del territorio di montagna e in gran parte del territorio di collina alla coltivazione di colture erbacee. Poche aree sono investite a frutteto o a vigneto. Nelle zone idrogeologicamente stabili è necessario che i proprietari o gli utilizzatori delle strutture fondiarie contribuiscano al mantenimento di tali condizioni realizzando e mantenendo efficienti le seguenti opere:

1. Solchi acquai lungo le superfici investite a seminativo e frutteto con direzione quasi perpendicolare alle linee di massima pendenza al fine di evitare l'erosione per incisione dovuta allo scorrimento libero delle acque sulla superficie. La realizzazione di questa modesta opera può essere realizzata dall'agricoltore con lo scava fossi oppure con la punta dell'aratro dopo le operazioni di semina. Confluiscono dentro le fosse livellari, hanno dimensioni modeste, profondità di circa 15 cm., interasse di circa m 40 e sono comunque strettamente legati alla pendenza del terreno, alla sua struttura e alla sua tessitura e alla intensità delle piogge nel periodo di punta.

2. Fosse livellari o scoline hanno il compito di raccogliere l'acqua proveniente dal terreno situato a monte e convogliarla nei collettori naturali o artificiali. Hanno un andamento trasversale rispetto alle linee di massima pendenza, una profondità superiore a quella delle lavorazioni di circa 10 cm. La loro posizione ed il numero dipendono dalla pendenza e dalla lunghezza degli appezzamenti.

3. Fossi di scolo naturali sono costituiti dagli impluvi naturali del terreno e raccolgono le acque di deflusso delle zone adiacenti convogliate dalle fosse livellari. Conducono le acque di monte entro i fossi principali o i corsi d'acqua maggiori. I fossi di scolo artificiali o collettori artificiali sono costruiti quando le scoline non possono sfociare direttamente in fossi naturali se non dopo un percorso eccedente i 150 m. Le scoline e i collettori artificiali possono avere le pareti e il fondo in terra oppure rivestito. Quando il terreno è abbastanza resistente all'erosione, quando la portata, la pendenza, e la velocità dell'acqua non superano certi limiti, le pareti ed il fondo del collettore possono essere in terra successivamente inerbita. Le dimensioni dei collettori variano in funzione della portata: generalmente hanno la base di circa cm 40 e l'altezza di circa cm 50. È necessario rivestire le pareti del collettore quando la natura geologica del terreno, la pendenza, per la portata di acqua creano fenomeni erosivi tali da minacciare l'integrità della base e delle sponde del fosso.

I materiali utilizzati sono diversi, è possibile utilizzare il pietrame disponendolo, con l'aiuto di un piccolo escavatore, lungo il percorso del fosso sia alla base che a protezione delle pareti. Può essere posizionato con l'utilizzo di malta cementizia oppure a secco. In entrambi i casi è opportuno che le dimensioni dei sassi siano le maggiori possibili per garantire con il loro peso una maggiore resistenza alla forza di trascinamento esercitata dall'acqua durante la discesa. Il rivestimento può essere realizzato con l'ausilio di pietrame e legname. Il pietrame rivestirà il fondo e il legname proteggerà le pareti del fosso. Le cabalette in lamiera zincata conferiscono al fosso una buona protezione contro i fenomeni erosivi dovuti all'azione dell'acqua solamente quando sono continuamente assistite da una manutenzione che assicuri il costante collegamento fra il bordo in acciaio e il terreno circostante. In mancanza di questa indispensabile necessità l'acqua invece di entrare dentro il canale d'acciaio si infiltra nella zona sottostante scalzando la canaletta e creando a causa dell'incontrollato deflusso un fossato sottostante. Le opere sopra descritte devono essere continuamente controllate e sottoposte ad una vera e propria manutenzione programmata al fine di mantenere inalterato nel tempo la loro efficacia. I lavori consistono soprattutto nell'asportazione di materiale (rami secchi, zolle di terreno ecc.) caduto accidentalmente all'interno del fosso che ostruisce o rallenta il passaggio dell'acqua.

2.4.2. Regimazione dei ristagni idrici temporanei

Per ristagno di acqua nel terreno si intende una particolare situazione caratterizzata da un contenuto idrico del suolo superiore alla capacità di campo e/o da presenza di acqua libera in superficie. Nel primo caso si parla di ristagno sotterraneo e nel secondo di ristagno superficiale. Il ristagno superficiale può aversi come conseguenza di un eccesso di acqua sotterranea tanto grande da spingere il livello liquido sopra la superficie del terreno dopo aver occupato tutta la sua porosità; in altri casi il fenomeno si verifica come conseguenza di apporti di acqua superficiale (pioggia) con intensità superiore alla velocità di smaltimento della stessa attraverso la

percolazione, oppure perché lo scorrimento superficiale è parzialmente impedito da una contropendenza naturale del terreno. Questa sfavorevole situazione idraulica deve essere corretta perché, anche se temporaneo, il ristagno impedisce le normali pratiche agronomiche sul terreno e contribuisce a innescare un potenziale pericolo idrogeologico. A seguito delle infiltrazioni di acqua negli strati sottostanti dell'area possono essere lubrificate superfici di contatto fra i diversi orizzonti del suolo determinando piani di scivolamento, quindi fenomeni franosi veri e propri. Dopo avere accuratamente accertato il motivo del ristagno si può intervenire nel seguente modo:

1. Quando il ristagno è imputabile ad un accumulo di acqua superficiale che non riesce a scorrere a causa di un compluvio naturale del terreno è possibile con l'aiuto di un mezzo meccanico procedere ad un agguagliamento del terreno circostante per annullare la contropendenza e permettere all'acqua di raggiungere la scolina. Il riporto di terreno è in stretta relazione con l'ampiezza della superficie da rettificare, deve essere modesto e non superare il metro di altezza. Ricarichi superiori necessitano di studi approfonditi perché si spostano delle masse consistenti di terreno che potrebbero, a causa del loro peso, infrangere l'equilibrio in atto lungo la pendice.

2. Quando il ristagno è da imputare ad un eccesso di acqua in profondità è necessario costruire una fossa drenante sotterranea che vada a captare nell'area in cui sgorga l'acqua e la conduca attraverso un condotto drenante al sottostante fosso di scolo. Per evitare di disperdere l'acqua lungo il percorso si impermeabilizza il fondo della fossa drenante con un telo di plastica, con guaina catramata, ecc. Qualora l'acqua sgorgi in un unico punto sotterraneo è possibile costruire una captazione e trasportarla con un tubo in polietilene nel fosso di scolo. In questo modo si convoglia più acqua riducendo al minimo le perdite lungo il percorso. Per maggiore sicurezza è comunque opportuno costruire un piccolo drenaggio intorno al tubo in polietilene per assicurare la fuoriuscita di eventuali perdite nella scolina. Queste opere sono di modesta entità, sia come profondità di scavo (m 1.50) sia come lunghezza (m 100). Qualora le opere richiedano profondità e lunghezze maggiori sono difficilmente realizzabili dal conduttore o dal proprietario dell'azienda agricola perché richiedono mezzi meccanici adeguati e mano d'opera specializzata. Questi lavori saranno trattati dettagliatamente nel capitolo inerente il consolidamento dei terreni.

2.5. Consolidamento di terreni agricoli

Un movimento franoso che coinvolge un terreno agricolo crea un danno diretto e immediato all'azienda agricola che lo conduce perché non riuscirà più a coltivarlo e a ricavare pertanto un reddito dalla vendita o dalla trasformazione dei prodotti agricoli ottenuti. Se non sarà ripristinato l'equilibrio idrogeologico aumenterà sicuramente la superficie del suolo interessata dal dissesto e di conseguenza peggiorerà ulteriormente il bilancio aziendale e diminuirà il valore commerciale dell'azienda. Esiste anche una dimensione di danno provocato all'ambiente circostante che è stato modificato a seguito del dissesto, rendendolo meno agibile all'uomo. La necessità di intervenire per arrestare il movimento gravitativo in atto non è prorogabile molto a lungo. Purtroppo i modesti finanziamenti disponibili presso gli Enti pubblici competenti non permettono di essere sempre esaustivi nei confronti di tutte le richieste avanzate. Anche in questo caso è necessaria una stretta collaborazione e un intenso scambio di informazioni fra l'imprenditore agricolo e il Tecnico incaricato di studiare e redigere un progetto di consolidamento e ripristino, quanto meno per individuare rapidamente gli interventi sistematori necessari. Sovente le cause del dissesto idrogeologico sono da imputare a una assente o sbagliata regimazione delle acque in eccesso che ha permesso o l'infiltrazione o il ristagno sotterraneo di abbondanti masse d'acqua nel terreno, fenomeni che hanno reso più "scivolosi" i diversi strati del suolo appoggiati uno sopra l'altro, ingenerando potenziali superfici di dislocazione. Gli interventi sono complessivamente volti a:

raccogliere e trasportare in superficie le acque sotterranee;

consolidare la pendice spezzando il movimento franoso in più parti e creando uno o più punti di appoggio alle masse di terreno poste a monte;

rimodellare la superficie del suolo sconvolto dal movimento attraverso spostamenti di terreno mirati a ripristinare sufficienti condizioni di equilibrio;
ricostruire tutta la rete idraulica di scolo delle acque superficiali;
predisporre per la semina del prato permanente o rimboschimento;

2.5.1. Raccogliere e trasportare in superficie le acque sotterranee

L'opera classica per eccellenza è rappresentata dalla **fossa drenante**. Consiste nell'eseguire uno scavo a cielo aperto la cui profondità si spinga circa 20-25 cm sotto il piano di scorrimento dell'acqua e sia quindi inserita nel terreno stabile non in movimento ed impermeabile. La profondità di scavo è un elemento determinante per la riuscita dell'intervento, deve essere tale da permettere al fondo della fossa drenante di raggiungere e superare il piano di scivolamento dove il terreno non è stato sottoposto a nessuna azione di traslazione da parte della forza di gravità. L'esecuzione della fossa drenante dipende dalla profondità da raggiungere. Questi scavi sono realizzati con escavatori di grandi dimensioni che possono raggiungere comodamente la profondità di 5 m dal piano di campagna. Quando è necessario superare queste profondità per arrivare a 6 - 7 e eccezionalmente anche a 8 metri sotto il piano di campagna, è necessario realizzare una trincea larga almeno m 2.50-3.00 e profonda m 1.50 - 2.00. In questi casi occorre un altro escavatore per allontanare il terreno estratto da bordo scavo. È molto importante anche la larghezza dello scavo; infatti mentre nella parte verso la superficie lo scavo tende naturalmente ad allargarsi, nella parte inferiore, fino alla base assume una larghezza simile alla dimensione della benna. Per assicurare che i futuri movimenti longitudinali e trasversali di assestamento del movimento franoso non interrompano il percorso del drenaggio, è opportuno utilizzare una benna larga cm 80. All'interno dello scavo viene costituito il sistema drenante che si compone dello strato drenante in ghiaia e dal tubo in plastica. La ghiaia deve essere lavata e pulita, costituita da materiale litoide con dimensione variabile da 6 a 20 - 40mm, inserita all'interno dello scavo fino a raggiungere lo spessore progettato in funzione delle diverse altezze da cui fuoriesce acqua. Per preservare il materasso drenante dalle infiltrazioni di particelle fini di terreno, che potrebbero nel tempo intasarlo, è possibile avvolgere la ghiaia con un telo di tessuto non tessuto. Sul fondo della fossa è posizionato agevolmente dal piano campagna un tubo di plastica fessurato che può essere rivestito in fibra di cocco oppure a doppio strato. La sua funzione è quella di mantenere sempre aperto un passaggio alle acque captate; il diametro sarà determinato in funzione dell'acqua che dovrà trasportare. È conveniente non scendere sotto il diametro di cm 10. Al termine di queste operazioni si richiude la fossa con il terreno proveniente dallo scavo.

La disposizione classica delle fosse drenanti è rappresentata da un reticolo a lisca di pesce con una fossa centrale dalla quale si dipartono dei rami laterali. Durante la costruzione del progetto si deciderà la forma del reticolo. È molto importante non disporre le fosse drenanti in modo ortogonale alla linea di massima pendenza o alla direttrice principale del movimento. Diventerebbero delle opere di sbarramento sottoposte all'azione delle forze del movimento franoso verso valle che tenderebbe a spezzarle. È altresì importante iniziare la fossa almeno due metri oltre la zona del ristagno.

La lunghezza delle fosse drenanti non dovrebbe superare i 200 m per portare in superficie le acque raccolte in profondità e scaricarle all'interno di una fossa livellare o di un fosso collettore. Questa indicazione non sempre è possibile soddisfarla a causa della morfologia dei terreni che non permettono lo sbocco all'interno del fosso naturale. In diverse occasioni la fossa drenante deve venire a giorno per sfociare nel fosso di scolo naturale posto in superficie, abbandonando la quota del piano di scivolamento. Oppure in altre occasioni il tracciato attraversa un suolo sciolto con detrito. In entrambi i casi c'è il rischio di disperdere l'acqua convogliata fino a quel punto, è bene impermeabilizzare il fondo dello scavo con un telo di plastica o con dei fogli di carta catramata o con bentonite.

Per riuscire a captare acque sotterranee presenti vicino a fabbricati o in zone della pendice molto profonde si realizzano dei **drenaggi suborizzontali**. Con una trivellatrice si perfora il suolo con una inclinazione di circa 15° rispetto alla linea orizzontale e vi si inserisce un tubo in plastica fessurato che manterrà aperto nel tempo il foro da quale uscirà il liquido. Sono costruiti in batterie da tre o quattro, al termine sfociano dentro dei pozzetti o sono sorretti e protetti da un muretto.

Devono essere realizzati dopo attente indagini perché se lungo il percorso del foro attraversano uno strato di terreno detritico e poco compatto disperdono l'acqua raccolta.

2.5.2. Consolidare la pendice spezzando il movimento franoso in più parti e creando uno o più punti di appoggio alle masse di terreno poste a monte.

In diverse occasioni i movimenti franosi si presentano come una tipica colata molto lunga con diversi restringimenti. I terreni sono sconvolti, presentano forti avvallamenti, strappi. In questa situazione si può pensare ad un consolidamento che preveda la regimazione delle acque sotterranee contestualmente ad un intervento con lavori che spezzino in due o più parti la colata e realizzino un piede capace di sostenere il peso che da monte successivamente e lentamente vi si appoggerà. Questa opera si chiama briglia in terra, o terra rinforzata. Consiste nel realizzare uno scavo fino oltre la profondità del piano di scivolamento in senso trasversale rispetto all'asse maggiore di frana. La larghezza alla base della trincea è sempre di diversi metri, circa 6-7-8 ed è in relazione con la sua futura altezza e il peso da sostenere. La lunghezza può raggiungere anche i 70-80 metri ed ha una linea leggermente arcuata con freccia rivolta verso l'alto. Terminato lo scavo inizia la costruzione della briglia in terra mediante l'apporto di terreno argilloso in strati non superiori ai 35 cm, successivamente compressi con rullo compressore vibrante. Per garantire un accurato e uniforme compattamento è indispensabile compattare strati non superiori ai 35 cm con un rullo dotato di protuberanze tipo piede di porco per esercitare una maggiore pressione sull'argilla. L'argilla, se non è disponibile tutta in loco, occorre prelevarla da cave di prestito; per costiparla omogeneamente è necessario che sia dotata del giusto grado di umidità perché se è troppo secca la pressione del rullo la sbriciola ma non la stringe, viceversa se è troppo umida scivola fuori da sotto il cilindro del rullo senza costiparsi. Questo muro in terra sostiene, grazie alla propria massa, il peso che il terreno di monte gli trasmette. La briglia deve essere protetta sul lato posto a monte da infiltrazioni di acqua che potrebbero rallentare le forze dei legami esistenti fra le singole particelle di argilla. È necessario costruire un drenaggio lungo tutta la parte superiore con pendenza verso il centro della briglia collegato alla fossa drenante centrale che scende da monte verso valle. Per garantire la protezione il drenaggio dovrà avere una altezza di poco inferiore alla parete di monte della briglia in terra. La sezione della briglia ha una forma trapezoidale con la base minore rivolta verso l'alto lunga circa 3-4-5 m. Le terre rinforzate sono simili alle briglie in terra, ne differiscono perché sono rinforzate all'interno da una griglia metallica elettrosaldata e da una armatura in acciaio zincato.

2.5.3. Rimodellare la superficie del terreno sconvolto dal movimento attraverso spostamenti di terreno

Al termine delle opere di consolidamento è necessario agguagliare il terreno agricolo per chiudere tutte le crepe, rimodellare gli avvallamenti, eliminare le contropendenze, realizzare spostamenti di terreno per conferirgli un pendenza maggiormente uniforme controllando sempre che lo spostamento delle masse non vada a intaccare l'equilibrio della pendice.

2.5.4. Ricostruzione di tutta la rete idraulica di scolo delle acque superficiali

Al termine dei lavori il terreno si trova nelle condizioni di essere nuovamente coltivato dopo essere abbondantemente letamato e concimato. Per non innescare nuovi meccanismi di dissesto è opportuno non eseguire arature. Sarà necessario provvedere immediatamente alla regimazione delle acque superficiali in eccesso attraverso la costruzione della rete idraulica di scolo. Dovrà essere costruito un fosso o un sistema di fosse livellari a monte dei terreni che erano stati coinvolti dal dissesto affinché le acque provenienti dalla pendice siano deviate fuori dall'area sottoposta al movimento gravitativo al fine di proteggere la zona sottostante.

2.5.5. Predisporre per la semina del prato permanente o rimboschimento

Ora l'imprenditore deve pensare all'utilizzo futuro di questa superficie. Agronomicamente valgono le indicazioni precedentemente descritte, la semina del prato permanente o il rimboschimento dipenderanno dalle scelte imprenditoriali che saranno assunte. Qualunque sia l'opzione che sarà definita nessuno si potrà sentire esentato dall'effettuare costanti controlli per verificare la necessità di eseguire lavori di manutenzione al fine di mantenere in efficienza tutte le opere eseguite e garantire nel tempo la stabilità di quei suoli.

3. PRINCIPI DI INGEGNERIA NATURALISTICA

3.1. Concetti generali

Il termine "Ingegneria Naturalistica" si riferisce all'insieme di quelle tecniche che, praticate per ridurre il rischio di erosione del terreno negli interventi di consolidamento, prevedono l'utilizzo di piante vive o parti di esse (semi, radici, talee), da sole o in combinazione con materiali naturali inerti (legno, pietrame o terreno), materiali artificiali biodegradabili (biostuoie, geojuta) o materiali artificiali non biodegradabili (reti zincate, geogriglie, georeti, geotessili). In Italia di Ingegneria Naturalistica si cominciò a parlare intorno alla fine dell'800, quando cioè iniziarono a diffondersi in Europa le tecniche di gestione (manutenzione) forestale. Furono soprattutto i tempi brevi di realizzazione e la relativa economia con cui si lavorava (ad esempio l'uso di materiali naturali reperibili direttamente sul luogo di intervento) che ne garantirono il successo e la rapida diffusione anche in altri ambiti applicativi. Peraltro è importante evidenziare come ogni opera di Ingegneria Naturalistica, proprio perché realizzata con materiali naturali, necessiti di controlli e manutenzione periodica (sfalcio della copertura erbosa, potatura delle piante arboree), nonché come tali operazioni comportino un automatico incremento dei costi. Negli ultimi anni, in Italia, si è registrata una maggiore sensibilità nei confronti dell'ambiente in generale ed in particolar modo della tutela del paesaggio, con un conseguente incremento nella diffusione delle tecniche di Ingegneria Naturalistica.

3.2. L'ingegneria naturalistica nella sistemazione dei versanti e dei corsi d'acqua

Particolari specie vegetali "pioniere" hanno apparati radicali tali da poter consolidare efficacemente sponde, versanti e scarpate, il tutto unito ad un effetto drenante dovuto alla loro elevata capacità di traspirazione. Si tratta quindi di un migliore inserimento nel paesaggio di certe opere ritenute necessarie in una logica di sviluppo compatibile, mitigando così il loro impatto sia a livello estetico-paesaggistico che naturalistico. Resta però altrettanto evidente che a monte di una qualsiasi scelta di intervento sul territorio debba essere verificata, a livello interdisciplinare, l'effettiva necessità dell'opera in sé: si deve sempre prendere in considerazione anche la cosiddetta "opzione zero" o di "non intervento" il cui principio ispiratore è legato al rapporto tra il rischio che un certo potenziale evento dannoso si verifichi ed il costo economico ed ambientale dell'opera medesima. L'ingegneria naturalistica è, pertanto, un insieme di tecniche, le quali, accelerando i processi naturali in atto, consentono il raggiungimento di precisi obiettivi in tempi più brevi ed a costi sostenibili; ciò richiede un'elevata professionalità in quanto la ricerca di un preciso equilibrio naturale risulta essere complessa anche a causa degli innumerevoli fattori ambientali (temperatura, luce, acqua, suolo, ecc.) che caratterizzano una determinata zona. Tutto ciò dovrà tradursi in una fase di sperimentazione, già avviata da decenni nelle regioni alpine, ma che nelle zone appenniniche è ancora piuttosto sporadica, al fine di conoscere meglio le caratteristiche biotecniche della vegetazione autoctona e le conseguenti potenzialità di tale affascinante materia.

Finalità di intervento:

L'ingegneria naturalistica può svolgere importanti funzioni, quali:

a - funzione idrogeologica: consolidamento del terreno, copertura del terreno, trattenuta delle precipitazioni atmosferiche, protezione del terreno dall'erosione causata dall'azione delle acque meteoriche e di ruscellamento superficiale, del vento e delle escursioni termiche, nonché funzione di drenaggio delle acque;

b - funzione naturalistica: creazione di macro e microambienti naturali divenuti ormai rari, recupero di aree degradate, sviluppo di associazioni vegetali autoctone, miglioramento delle caratteristiche chimico-fisiche del terreno;

c - funzione estetico-paesaggistica: rimarginazione delle “ferite” del paesaggio, inserimento di opere e costruzioni nel paesaggio, protezione dal rumore;

d - funzione economica: risparmio sui costi di costruzione e di manutenzione di alcune opere.

Tecniche di intervento

Le tecniche di intervento prevedono l'utilizzo di piante intere o di loro parti (semi, radici, talee) per cui, a seconda delle diverse combinazioni, si possono avere le seguenti tipologie di intervento:

a - semina (a spaglio, idrosemina, con coltre protettiva);

b - messa a dimora di talee (viminate, fascinate, copertura diffusa con astoni, palificate, ecc.);

c - piantagione di piantine radicate (erbacee, arbustive o arboree).

Qualora l'impiego di piante o di loro parti non sia sufficiente per ottenere gli obiettivi prefissati, si può fare riferimento anche ad altri materiali quali: pietrame, legname, reti metalliche, griglie o reti in materiale sintetico o in fibra naturale. Emblematica, quale esempio di coniugazione di diversi materiali, è la **palificata in legname con talee** consistente in una struttura in legname, in grado di consolidare il piede di una frana superficiale, rivestita da una compagine vegetale arborea (salici, ontani, frassini, ecc.), arbustiva ed erbacea che ne accresce la funzione statica e quella estetica. In definitiva, le possibili combinazioni dei diversi materiali offrono una vasta gamma di soluzioni per uno specifico problema e compete al tecnico individuare, in base alla propria esperienza, quella più idonea da applicare. Si pone in rilievo che la Regione Emilia Romagna, con deliberazione della Giunta Regionale n. 3939 del 6.09.1994, ha approvato una *Direttiva concernente criteri progettuali per l'attuazione degli interventi in materia di difesa del suolo*, con la quale si raccomanda che gli interventi, ogni qualvolta possibile, debbono essere progettati prevedendo l'utilizzo di tecniche dell'ingegneria naturalistica.

3.3. Interventi di ingegneria naturalistica nelle sistemazioni idrogeologiche

Gli interventi per limitare i danni dell'attività erosiva delle acque possono riguardare le sistemazioni dei versanti per ridurre il trasporto solido e/o il consolidamento delle sponde dei corsi d'acqua e/o le azioni di riduzione della pendenza longitudinale dell'alveo, allo scopo di ridurre la velocità della corrente. Per quanto riguarda la **stabilizzazione dei pendii con le piante vive** si va dai sistemi di consolidamento puntiformi realizzati con le specie legnose ai sistemi lineari basati sull'impiego diffuso di talee e/o piante radicate quali la **gradonata**, la **cordonata**, le **fascinate**, le **viminate** ecc., fino ad impiegare, nei casi più difficili, strutture ove le piante, destinate comunque nel tempo a garantire la stabilità, hanno bisogno nella fase transitoria di supporti costituiti ad esempio da tronchi o traverse ferroviarie in legno, come nel caso della **palificata viva**. Per il controllo dell'erosione superficiale possono adottarsi tecniche atte a creare condizioni ambientali e di stabilità necessarie all'attecchimento e alla crescita della vegetazione erbacea, arbustiva ed arborea impiantata sulle scarpate e sui pendii in terra o in situazioni particolari di rocce molto alterate; tra queste si possono citare l'utilizzo di rivestimenti con materiali biodegradabili quali **biostuoie** (costituite da strati di fibre naturali assemblati in modo da formare una struttura intrecciata semiaperta e deformabile, capace di adattarsi con facilità al terreno sul quale è stesa) quasi sempre in associazione con **idrosemina** (tecnica che consiste nello spruzzare ad alta pressione, sul terreno preventivamente preparato, una soluzione di acqua, semi, collante ed altri eventuali componenti) o con l'impianto di **talee o piantine**. Sistemazione con reti o stuoie in fibra naturale ed inerbimento nel contesto di interventi di consolidamento di una frana (*Frana Cima Gogna, Cadore - BI*)

Le piante nell'ingegneria naturalistica, a fine di ottenere effetti di stabilizzazione, vengono impiegate in vari modi (Comedini et al, 1997). Un esempio è quello illustrato nella seguente tabella riassuntiva. Va comunque tenuto presente che agli interventi lineari va associata una protezione areale dall'erosione superficiale costituita tipicamente dalle specie erbacee e ottenuta con la semina di miscele di sementi scelte in funzione delle caratteristiche ecologiche della stazione di intervento, eventualmente associata a biostuoie, geotessuti ecc. Vanno inoltre evitati interventi di

semina che portino a formazioni quasi monospecifiche simili alle colture foraggere (erba medica, lupinella ecc.) o che, seppur con l'uso di specie autoctone, determinino una bassa diversità specifica.

Sulle sponde dei corsi d'acqua a seconda della pendenza delle rive, della velocità della corrente, dell'entità del trasporto solido, della variazione della portata nel corso dell'anno, la casistica prevede vari sistemi, tenendo comunque presente che nel caso di energie cinetiche notevoli (velocità dell'acqua > 6 m/s e diametro del trasporto solido > 20 cm), le tecniche di ingegneria naturalistica lasciano il posto alle tecniche tradizionali; una sistemazione molto usata è quella della **copertura diffusa di salici**, coricati complanarmente alla sponda, eventualmente in abbinamento ad opere di consolidamento al piede realizzate con **scogliera di massi** o, in presenza di minor energia idraulica, con **fascine di salici**.

Principali opere di stabilizzazione superficiale

gradonate vive (con talee, con piantine, miste con talee e piantine): solo piante

sono impiegate con successo negli interventi di stabilizzazione di pendii e scarpate, naturali o artificiali, in materiali sciolti. La realizzazione di gradonate permette di rinverdire le scarpate attraverso la formazione di piccoli gradoni lineari lungo le curve di livello del pendio, in cui si interrano fitti "pettini" di talee e/o piantine radicate. Lo sviluppo dell'apparato radicale garantisce il consolidamento del terreno, mentre la parte aerea contribuisce a contenere l'erosione superficiale

cordonate: legname + ramaglia + talee

La cordonata è un metodo più costoso rispetto ad altre sistemazioni quali la viminata; viene usato soprattutto su terreni con elevata tendenza allo smottamento: in questi casi lo strato di ramaglia e le stanghe costituiscono un'armatura del terreno, si ha cioè la formazione di una vera e propria "terra rinforzata". È un metodo impiegato anche su terreni umidi, con ristagno d'acqua, argillosi o marnosi: la ramaglia in questi casi ha un effetto drenante.

palizzate vive: legname + talee e/o piante

La tecnica della palizzata in legname con talee e/o piantine è un sistema simile alla viminata, che unisce l'impiego di talee con strutture fisse in legno per la stabilizzazione di pendii e scarpate, naturali o artificiali, in dissesto. Con questo sistema si tende a rinverdire le scarpate attraverso la formazione di piccoli gradoni lineari, sostenuti dalle strutture in legno, che corrono lungo le curve di livello del pendio e dove, a monte, si raccoglie del materiale terroso. Le piante, una volta che la vegetazione

si sarà sviluppata, garantiranno un consolidamento del terreno con l'apparato radicale e una resistenza all'erosione superficiale, con la loro parte epigea.

palificate vive: legname + talee e/o piante

Le palificate vive con talee e/o piantine sono impiegate con successo negli interventi di stabilizzazione di pendii e scarpate, naturali o artificiali, in dissesto. Questo sistema favorisce il rinverdimento di pendii attraverso la formazione di strutture fisse in legname, che hanno la funzione di formare delle piccole gradinate a monte delle quali raccoglie il terreno. In questo modo si crea lungo le curve di livello una struttura più resistente delle viminate, in cui si interrano dei fitti "pettini" di talee e/o piantine radicate. Lo sviluppo dell'apparato radicale garantisce il consolidamento del terreno, mentre la parte aerea contribuisce a contenere l'erosione superficiale. A livello economico le palificate in legname con talee sono competitive con le tradizionali opere in calcestruzzo.

fascinate vive: piante+ramaglia

sono utilizzate negli interventi di sistemazione dei versanti con pendenza non superiore ai 30-35° e in terreni con buone caratteristiche di coesione. Con questo sistema si ottiene il rinverdimento ed il drenaggio superficiale dei pendii mediante la formazione di file di gradoni, disposti parallelamente alle curve di livello, nei quali sono sistemate delle fascine di astoni o ramaglia, possibilmente lunghi e dritti, prelevati da piante legnose con elevata capacità di diffusione vegetativa

grata viva: legname + piante

La tecnica della grata viva con talee e/o piantine è una tipologia d'intervento più complessa rispetto ad altri sistemi d'ingegneria naturalistica, ma molto efficace negli interventi di sistemazione, stabilizzazione e rinverdimento di versanti in erosione e scarpate anche con elevata acclività.

viminate vive: piante+ramaglia

La viminata viva ha la funzione di consolidamento superficiale per mezzo delle piante ed un immediato effetto di regimazione delle acque meteoriche. Questo sistema comporta una tecnica mista tra materiali vivi (astoni e talee) e materiali morti. Un tempo largamente impiegate per il consolidamento di piccole frane, oggi le viminate sono sostituite da sistemi stabilizzanti più efficaci e meno costosi, come ad esempio la gradonata con talee.

Le tipologie di maggior impiego negli interventi di consolidamento spondale sono:

messa a dimora di talee;
piantagione di arbusti;
viminata spondale viva;
fascinata spondale viva di specie legnose o di culmi di canne;
gradonata;
ribalta viva;
rullo spondale con zolle di canne o con ramaglia viva;
palificata viva spondale;
pennello vivo con pali, fascine e massi;
grata viva spondale.

Ove sia necessario ridurre la pendenza longitudinale dell'alveo, al posto delle briglie in cemento, in vari 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**. Per un approfondimento dell'argomento "ingegneria naturalistica" si possono consultare varie opere tra cui il *Manuale tecnico di ingegneria naturalistica* redatto dalla Regione Emilia Romagna e dalla Regione del Veneto (1993) e l'*Atlante delle opere di sistemazione dei versanti* redatto dall'ANPA - Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (2001, Primo aggiornamento 10/2002), dove vengono dettagliatamente descritte le tipologie di opere e le metodologie di intervento per la difesa del suolo. Per approfondire anche i temi inerenti la manutenzione del territorio, è utilmente consultabile una pubblicazione del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio intitolata *Criteri e tecniche per la manutenzione del territorio ai fini della prevenzione del rischio idrogeologico*, (Maggio 2002), peraltro facilmente reperibile in internet (è possibile scaricare il file) nel sito seguente: <http://www.minambiente.it/Sito/pubblicazioni/documenti.asp>

Si segnalano inoltre altri siti internet d'interesse per la materia: <http://www.aipin.it/> (sito dell'Associazione Italiana per l'Ingegneria Naturalistica che ha per finalità la divulgazione delle tecniche di ingegneria naturalistica); <http://www.sinanet.anpa.it> (sito dell'Azienda Nazionale per l'Ambiente, Rete Nazionale di Informazione in campo Ambientale, presso il quale, tra l'altro, è possibile disporre di link con una miriade di siti pertinenti ai temi ambientali).

Scelta e dosaggio delle opere di sistemazione

Come esposto in precedenza, i lavori di sistemazione costituiscono un insieme coordinato di opere, che vengono disposte sul terreno in modo da frapporsi come ostacoli all'azione erosiva dell'acqua, da costringere questa a depositare in luoghi prestabiliti i materiali già rimossi e da regolare la portata liquida. L'obiettivo è di presidiare tutto il bacino idrografico o quelle parti di esso idrogeologicamente più vulnerabili, attenuandone al massimo la torrenzialità (tale carattere si riferisce a un corso d'acqua frequentemente soggetto a piene repentine che si esauriscono con altrettanta rapidità. Questa caratteristica deriva dalle condizioni del bacino imbrifero, oltre che, come ovvio, dall'entità delle precipitazioni).

Poiché i processi erosivi e demolitori sono interdipendenti e si evolvono insieme, anche se in maniera discontinua, dal primo manifestarsi all'epilogo, quasi sempre distruttivo, occorre che anche le opere idrauliche e forestali vengano eseguite in stretto legame tra loro. Esse, cioè, hanno compiti separati ma agiscono insieme. Dalla loro integrazione deve ottenersi un'azione risultante di difesa simultanea dei punti a rischio del bacino, così da tenere sotto controllo i processi fluviali in tutte le fasi del loro svolgimento. La sistemazione di un piccolo bacino non si esaurisce eliminando i danni locali, attraverso la correzione dell'alveo e la stabilizzazione dei versanti, ma deve riuscire ad inserire efficacemente queste opere nel contesto assai più ampio della difesa idraulica di tutto il territorio, di cui il bacino fluviale rappresenta l'unità organica.

È perciò necessario integrare le sistemazioni di monte con quelle di pianura, le opere di correzione dei torrenti con le altre categorie di opere di sistemazione dell'intero bacino fluviale (comprese

quelle per la difesa delle coste marine) e di riassetto del territorio onde conseguire in modo organico le finalità in precedenza esaminate.

3.4. Principali tipologie di opere per il controllo dell'erosione superficiale

Drenaggi

Gli interventi di drenaggio hanno lo scopo di allontanare e di raccogliere le acque superficiali e sotterranee in corrispondenza

di pendii instabili o di terreni di fondazione da bonificare e consolidare, in modo da diminuire le pressioni interstiziali e conseguentemente le spinte del terreno. In termini più generali i drenaggi comprendono anche gli interventi diretti ad esercitare un'azione regolatrice delle acque correnti superficiali non incanalate e di quelle stagnanti in depressioni.

Negli interventi di sistemazione e consolidamento dei versanti in frana e nelle realizzazioni delle opere di ingegneria civile sono utilizzati vari metodi e strumenti per il drenaggio, applicati sia per un effetto temporaneo che per un'azione drenante permanente. Gli interventi di drenaggio si possono suddividere in due gruppi principali:

opere di drenaggio di tipo superficiale;
opere di drenaggio di tipo profondo.

I drenaggi di tipo superficiale, comprendenti le opere di regimazione e drenaggio delle acque superficiali e di sistemazione del pendio di primo intervento, sono quelli di più rapida e facile installazione e manutenzione, ma sono anche quelli che più facilmente si danneggiano e necessitano di manutenzione continua. I drenaggi profondi, che in genere hanno un carattere definitivo, necessitano di opere e di attrezzature più complesse per la loro installazione e sono più costosi. A fronte di questi svantaggi assicurano però una maggiore efficacia nella stabilizzazione di versanti in frana. In considerazione del fatto che è spesso difficile valutare l'efficacia di un sistema di drenaggio in fase di progettazione, è prassi consolidata valutare gli effetti del sistema attraverso piezometri che fanno parte integrante del sistema stesso e sono installati contemporaneamente ad esso. La loro lettura periodica consente di valutare i riflessi del sistema di drenaggio sulle acque sotterranee e, in base a questi, ottimizzare il loro funzionamento. I tipi di opere di drenaggio superficiali e profondi più comunemente usati sono rappresentati da:

Opere di drenaggio superficiali.

Cuneo drenanti.

Dreni suborizzontali

Trincee drenanti.

Speroni drenanti.

Paratie drenanti.

Pozzi drenanti.

Gallerie drenanti.

Drenaggi superficiali

Le opere di drenaggio superficiali sono interventi eseguiti immediatamente dopo il verificarsi di un evento franoso per la regimazione ed il drenaggio delle acque superficiali e per la sistemazione del pendio instabile. In genere i drenaggi superficiali comprendono: canalette superficiali, fossi di guardia, dreni intercettori, riprofilatura dei versanti per eliminare le depressioni presenti, sigillatura ed impermeabilizzazione delle fessure beanti.

Canalette superficiali: sono fra le opere di drenaggio più frequentemente utilizzate negli interventi di sistemazione di aree dissestate con l'obiettivo di captare e allontanare le acque superficiali, non solo quelle provenienti dalle precipitazioni o dalle emergenze idriche ma anche quelle stagnanti entro eventuali depressioni. La disposizione delle canalette superficiali, realizzate sia all'interno che all'esterno dell'area dissestata, può essere trasversale o longitudinale rispetto al pendio.

In funzione delle modalità costruttive e del materiale di costruzione si possono avere vari tipi di canalette quali quelli descritti nel seguito.

Canalette in terra: sono realizzate eseguendo uno scavo a sezione trapezoidale e possono essere presidiate o non presidiate. In genere le opere di presidio sono necessarie laddove la pendenza è elevata e le caratteristiche del terreno non garantiscono la funzionalità delle stesse (erosione, interrimento ecc.).

Canalette in legname e pietrame: a sezione trapezoidale, sono realizzate con un intelaiatura di pali di legname idoneo e rivestendo il fondo con uno strato di pietrame posto a mano, di circa 20 cm di spessore. Anche per questo tipo di opera è necessario eseguire adeguate opere di presidio. Canalette prefabbricate in calcestruzzo: sono costituite da elementi (embrici), a forma di trapezio e di ampiezza variabile in modo che l'elemento di monte si incastrino, con la parte più stretta, in quello di valle con una piccola sovrapposizione. Gli elementi della canaletta sono posizionati all'interno di uno scavo avente la stessa forma e debitamente costipato per evitare cedimenti. Le canalette rivestite con elementi prefabbricati in calcestruzzo sono impiegate nei casi in cui la pendenza superi il 10% a causa della loro stabilità rispetto ad eventuali movimenti del corpo di frana.

Canalette con rivestimento rigido in calcestruzzo: di

forma e sezione simile alle precedenti, sono usate se la pendenza dell'opera è minore del 10%.

Canalette prefabbricate in lamiera: sono generalmente costituite da elementi di forma semicircolare in acciaio ondulato nervato, di spessore minimo di 2 mm, e devono essere ben incassate nel terreno. Data la tendenza, con il tempo, a scollarsi dal terreno incassante, è preferibile disporre le canalette secondo la linea della massima pendenza.

Fossi di guardia: sono realizzanti eseguendo scavi con sezione ad U o trapezoidale, immediatamente a monte della nicchia di distacco in modo da intercettare le acque correnti superficiali lungo il versante ed allontanarle dall'area instabile. Lo scavo ha, in genere, un rivestimento rigido in calcestruzzo.

Dreni intercettori: sono realizzati immediatamente a monte della nicchia di distacco ed a valle del fosso di guardia. I dreni sono realizzati eseguendo uno scavo, spinto in profondità fino ad intercettare l'eventuale superficie piezometrica della falda, e parzialmente riempite da materiale drenante. Il corpo drenante è costituito in genere da ghiaia pulita separata dalle pareti e dal fondo dello scavo da tessuto non tessuto. La raccolta e l'allontanamento delle acque dal dreni è garantito da un tubo fessurato in PVC.

Riprofilatura del versante: questi interventi consistono in movimenti di terra aventi lo scopo di eliminare le depressioni o le altre forme presenti nel versante in frana che sono sede di ristagno d'acqua e, più in generale, favorire il drenaggio delle acque di precipitazione. Le acque intercettate sono allontanate dall'area dissestata e convogliate negli impluvi naturali mediante canalette.

Sigillatura ed impermeabilizzazione delle fessure beanti: le fessure beanti, presenti soprattutto nella parte alta dell'area in frana, sono una delle più importanti vie di infiltrazione delle acque meteoriche superficiali in profondità. Il materiale utilizzato per la sigillatura e l'impermeabilizzazione è preferibilmente costituito da argilla, adeguatamente costipata. Anche in questo caso occorre completare il sistema con un adeguato drenaggio superficiale per intercettare le acque provenienti da monte che potrebbero essere convogliate verso le fratture. I sistemi di drenaggio superficiali hanno un impatto ambientale abbastanza contenuto, assolvendo bene il compito di garantire la necessaria efficacia tecnico-funzionale dell'intervento con la necessità del recupero e del ripristino naturale dell'area degradata. Con la loro azione stabilizzante queste opere favoriscono l'attecchimento e la crescita della vegetazione ed il ripristino degli ecosistemi danneggiati. Le canalette in "terra", in "legno" o rivestite con "pietrame" sono da preferirsi negli interventi in ambienti naturali collinari e montani.

Gli interventi di drenaggio superficiale sono opere che possono essere realizzate immediatamente dopo il verificarsi di un evento franoso unitamente ad altri interventi di regimazione e di sistemazione superficiale dei pendii. Il loro utilizzo è frequente anche nella sistemazione e

consolidamento di versanti in dissesto insieme ad altre opere a carattere definitivo. Nell'esecuzione dei drenaggi è di fondamentale importanza assicurarsi che tutti gli scarichi delle canalizzazioni siano condotti sino al più vicino fosso o impluvio, fuori dal versante in frana, e che in corrispondenza dei punti di scarico non inneschino. Come ovvio la manutenzione riveste inoltre un ruolo determinante nella funzionalità di questi sistemi.

Bibliografia

Il dissesto idrogeologico - G. Gisotti e M. Benedini - Carocci Editore

Atlante delle opere di sistemazione dei versanti - ANPA 2001

Manuale tecnico di ingegneria naturalistica - Regione Emilia Romagna e Regione Veneto, 1993

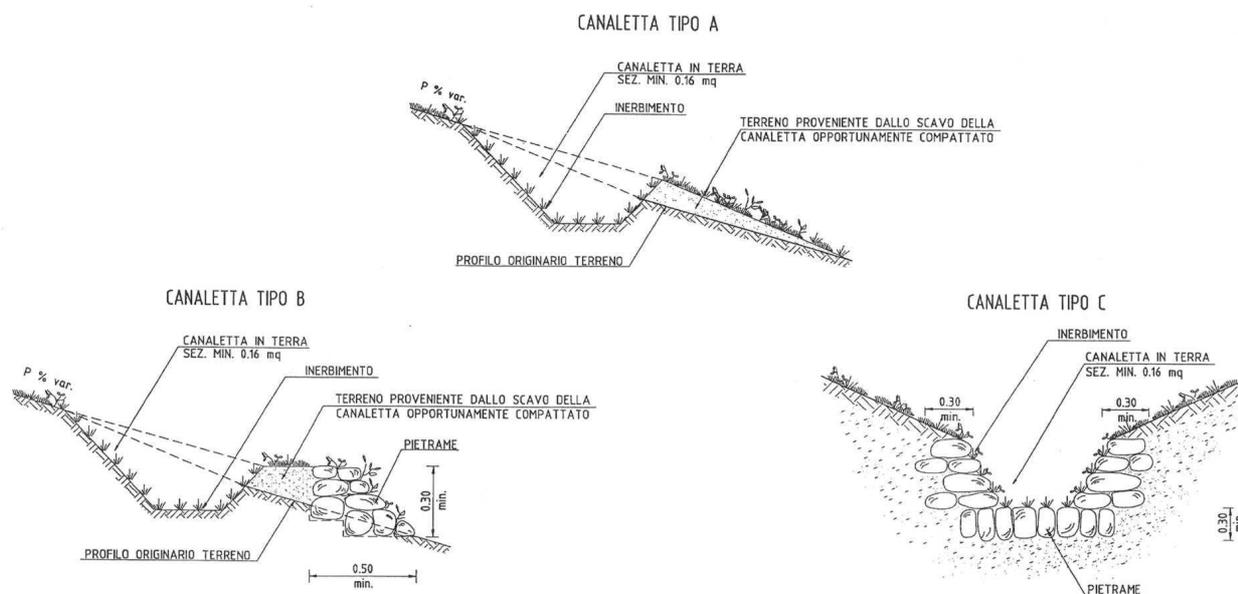
Quaderni di documentazione ambientale, n. 15 – Provincia di Modena

ALLEGATO

OPERE DI SISTEMAZIONE DEI VERSANTI

PROTEZIONI SUPERFICIALI

CANALETTA INERBITA



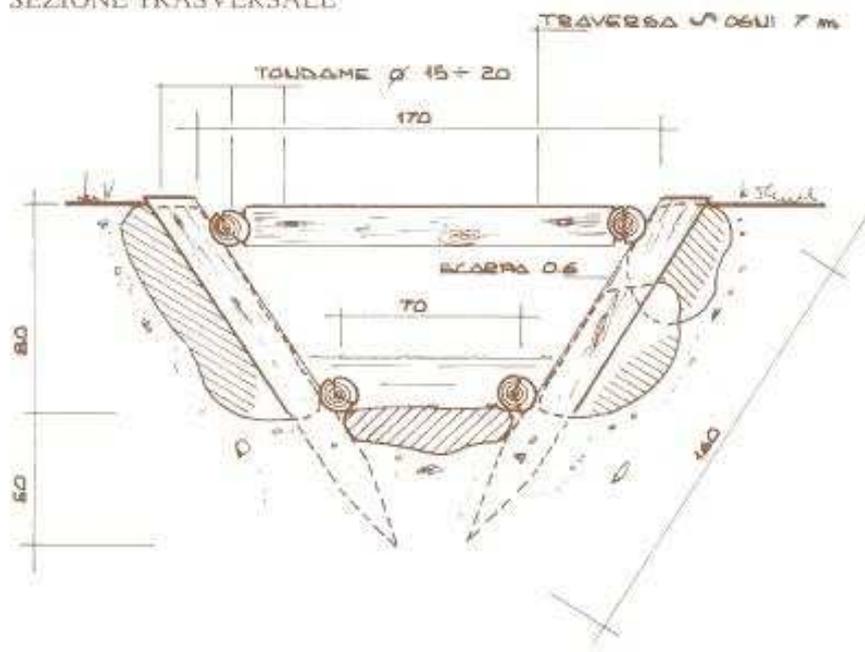
Tali opere vengono realizzate allo scopo di allontanare le acque superficiali, evitando così fenomeni di erosione, di scalzamento delle opere e di instabilità del terreno. Le canalette possono essere di due tipi; presidiate e non presidiate. Le canalette in terra non presidiate sono realizzate completamente in scavo di forma trapezoidale. Nel caso si trovino a mezza costa, o comunque non secondo la linea di massima pendenza, si deve realizzare, sul lato a valle, un argine ben costipato, utilizzando il terreno proveniente dallo scavo, in modo tale da raggiungere una quota pari a quella del ciglio di monte. Le canalette presidiate sono realizzate laddove la pendenza e le caratteristiche del terreno non garantiscono la funzionalità delle stesse (interramento, erosione ecc).

Tali opere consistono nell'esecuzione di un arginello in pietrame a contenimento della sponda di valle della canaletta, oppure di un rivestimento della superficie con pietrame (cunetta rivestita).

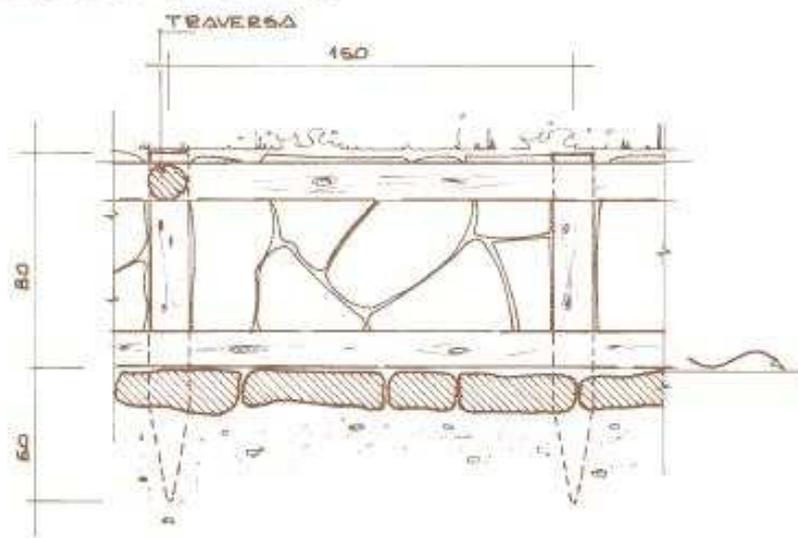
Da: Quaderno delle opere tipo – Autorità di Bacino del Fiume Po

CANALETTA IN LEGNAME E PIETRAMME

SEZIONE TRASVERSALE



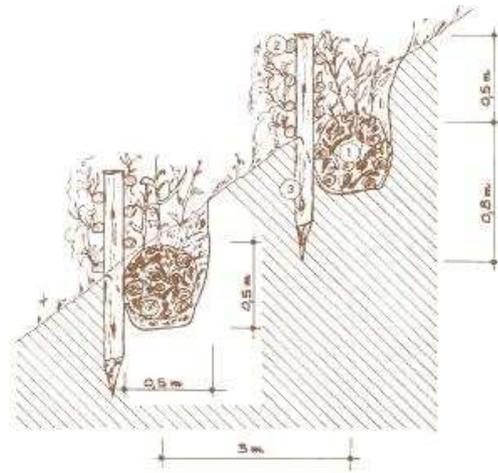
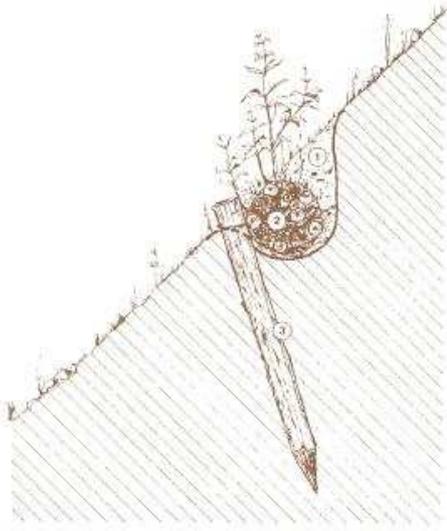
SEZIONE LONGITUDINALE



Tali opere, atte a regimare le acque superficiali, risultano economiche rispetto a quelle tradizionali di tipo rigido. Possono essere utilmente impiegate anche in condizioni di sensibile pendenza (in tal caso il fondo in pietrame dovrà essere opportunamente scabroso per rallentare il deflusso delle acque). In presenza di fossi che manifestano sensibili fenomeni erosivi è consigliato l'uso di una rete metallica o sintetica. L'impiego di tale metodologia, oltre ad una notevole efficacia funzionale, consente un corretto inserimento ambientale dal punto di vista paesaggistico.

Da: Manuale tecnico di ingegneria naturalistica Regione Emilia Romagna e Regione Veneto, 1993

FASCINATE VIVE



Fascinata con messa a dimora di piantine:

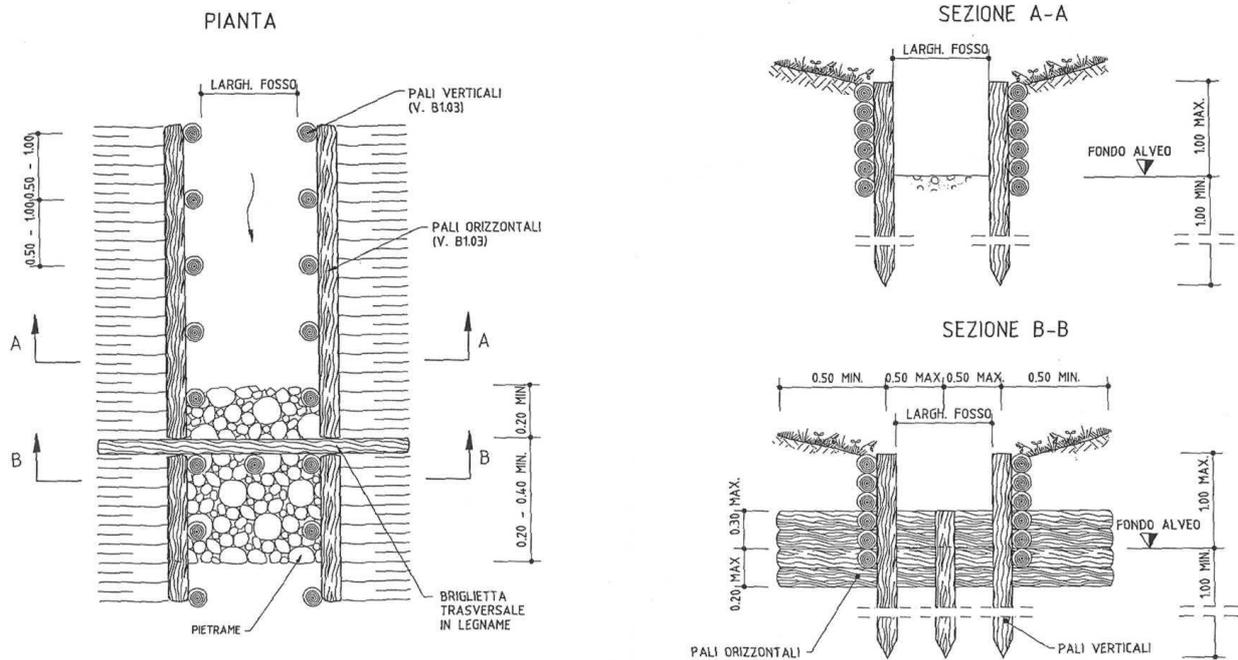
- 1) Fosso profondo e largo 50 cm. (riempimento con miscuglio di terreno vegetale e di terreno di scavo).
- 2) Fascine vive con minimo di 5 rami di diametro > 1 cm.
- 3) Paletti di legno posti ogni 80-100 cm. e di lunghezza > 60 cm.
- 4) Piantine radicate (densità: 1-2 ogni metro).

Fascinata con viminata:

- 1) Fascine con almeno 5 rami di diametro > 1 cm.
- 2) Verghe di salice di diametro: 2-3 cm.
- 3) Paletti di legno di diametro: 5-10 cm.

Da: Manuale tecnico di ingegneria naturalistica Regione Emilia Romagna e Regione Veneto, 1993

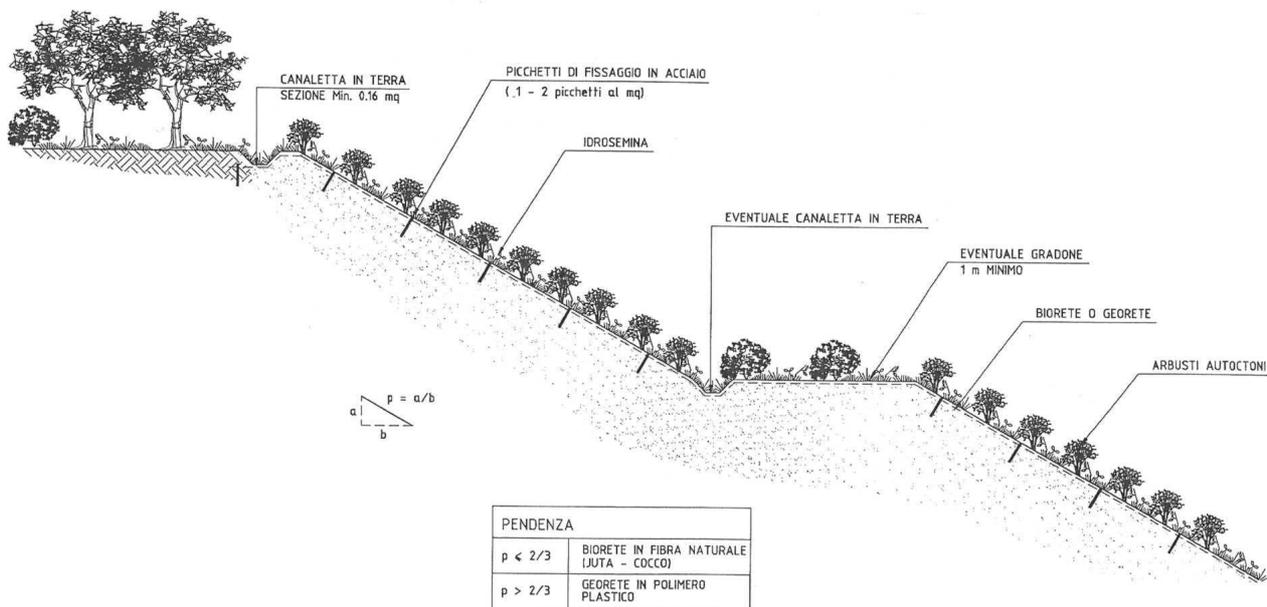
FOSSO PRESIDIATO CON LEGNAME E PIETRAMME



Questa tipologia è indicata nei corsi d'acqua con andamento torrentizio, con piccolo bacino imbrifero e modesta sezione d'alveo. Sono impiegati pertanto nei tratti di montagna ma anche laddove necessiti regimare le acque raccolte nei fossi e nei piccoli corsi d'acqua affluenti nelle aste principali. Nell'esecuzione di tali opere, in legno e pietra, occorre evitare tracciati regolari al fine di evitare la canalizzazione del corso d'acqua. Si distinguono due funzionalità: protezione dall'erosione spondale mediante palizzate e protezione dall'erosione di fondo alveo con briglie in legname. Le briglie sono realizzate con picchettoni di legno di essenza forte ed a valle e a monte di queste deve essere sistemato pietrame eventualmente reperito in loco, per un tratto variabile in funzione dell'attività della corrente e del relativo salto. In ogni caso il fosso non dovrà essere ristretto mentre l'interasse delle briglie dovrà essere funzione della pendenza di progetto dell'asta fluviale.

Da: Quaderno delle opere tipo – Autorità di Bacino del Fiume Po

PROTEZIONE DEI VERSANTI CON RETI E INERBIMENTO

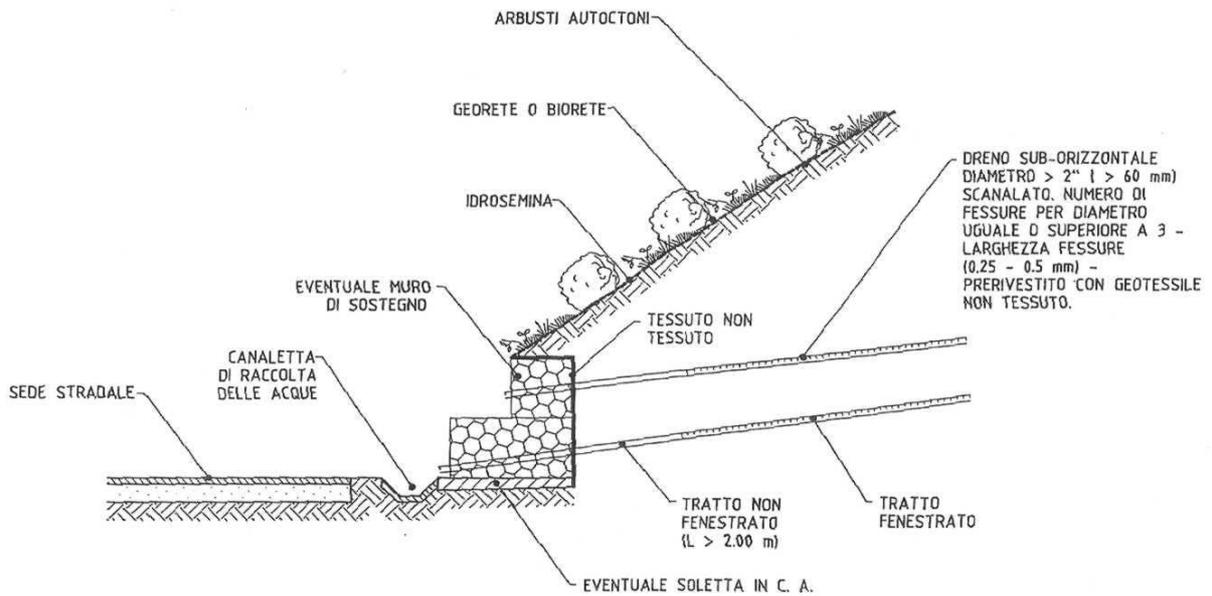


Questa tipologia svolge la funzione di protezione contro fenomeni di erosione superficiale del terreno nonché quella di evitare fenomeni di distacchi di piccole coltri superficiali. La rete antierosiva può essere di due tipi: biorete in fibra naturale (juta o cocco) e georete in polimero plastico. La prima viene utilizzata nei casi di versanti poco acclivi (pendenze inferiori a 2/3) e in genere poco spingenti, mentre la seconda negli altri casi, tenendo presente che la biorete essendo composta da materiali naturali biodegradabili, tende a perdere la sua funzionalità nel tempo fino a dissolversi. Le reti sono fissate al terreno con picchetti in acciaio e vengono ricoperte con uno strato di terreno vegetale di circa 10 cm di spessore per ottenere un miglior attecchimento della vegetazione. Lungo i versanti, se necessario, si possono realizzare dei gradoni orizzontali e delle canalette in terra inerbite.

Da: Quaderno delle opere tipo – Autorità di Bacino del Fiume Po

OPERE DI DRENAGGIO

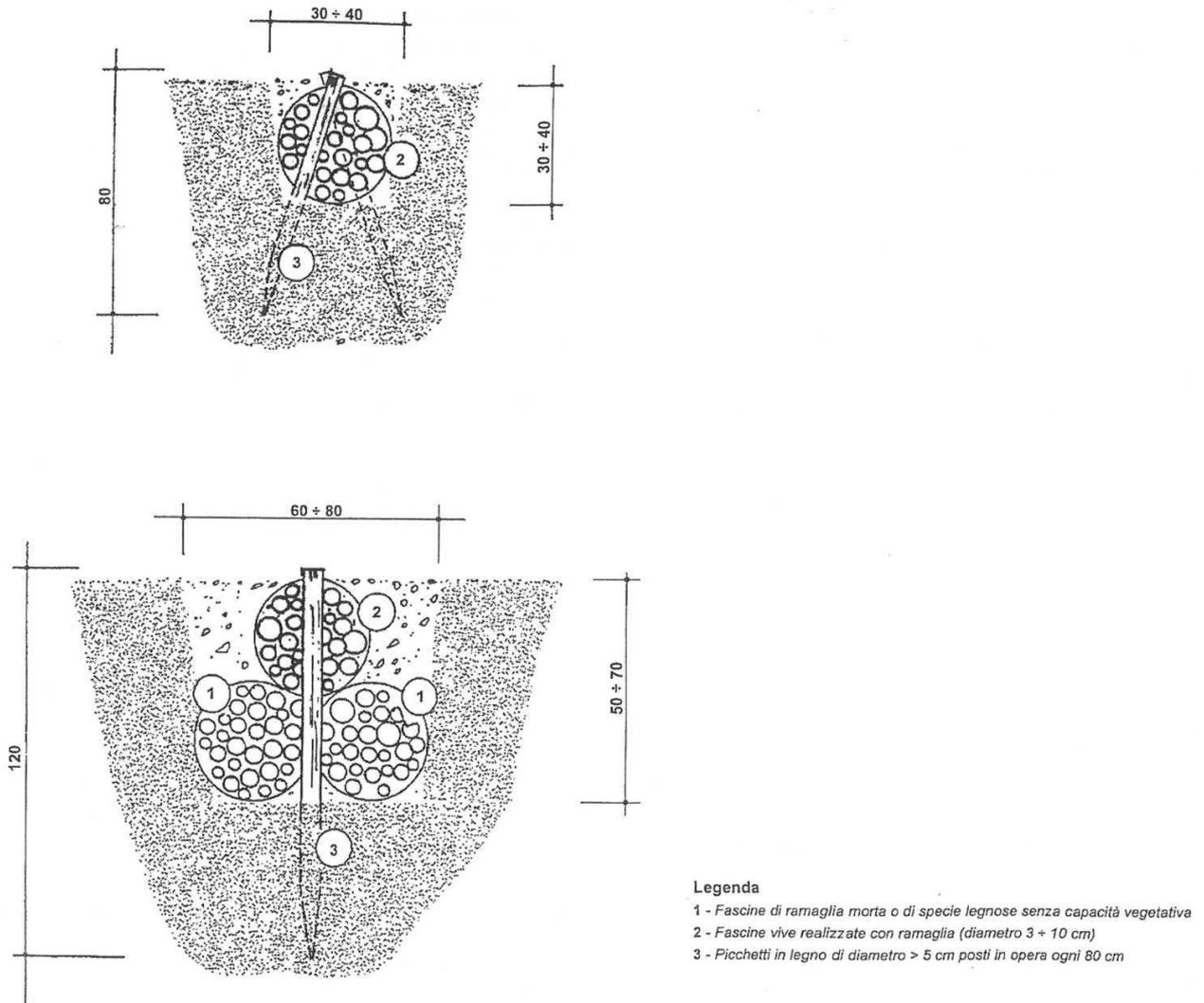
DRENI SUBORIZZONTALI



Si utilizzano per captare acque profonde evitando la realizzazione di trincee drenanti profonde. Le aste drenanti, costituite da tubi in PVC, sono inserite nel foro fatto dalla sonda rotativa e rivestite di "tessuto non tessuto" con funzione di filtro per evitarne l'intasamento. Le testate delle aste drenanti, che non devono essere microfessurate nei primi metri nella zona di uscita dal dreno, vengono collegate fra loro e connesse ad un sistema di smaltimento delle acque raccolte (canalette in terra o rivestite, canali presidiati, impluvi naturali).

Da: Quaderno delle opere tipo – Autorità di Bacino del Fiume Po

DRENAGGI CON FASCINE

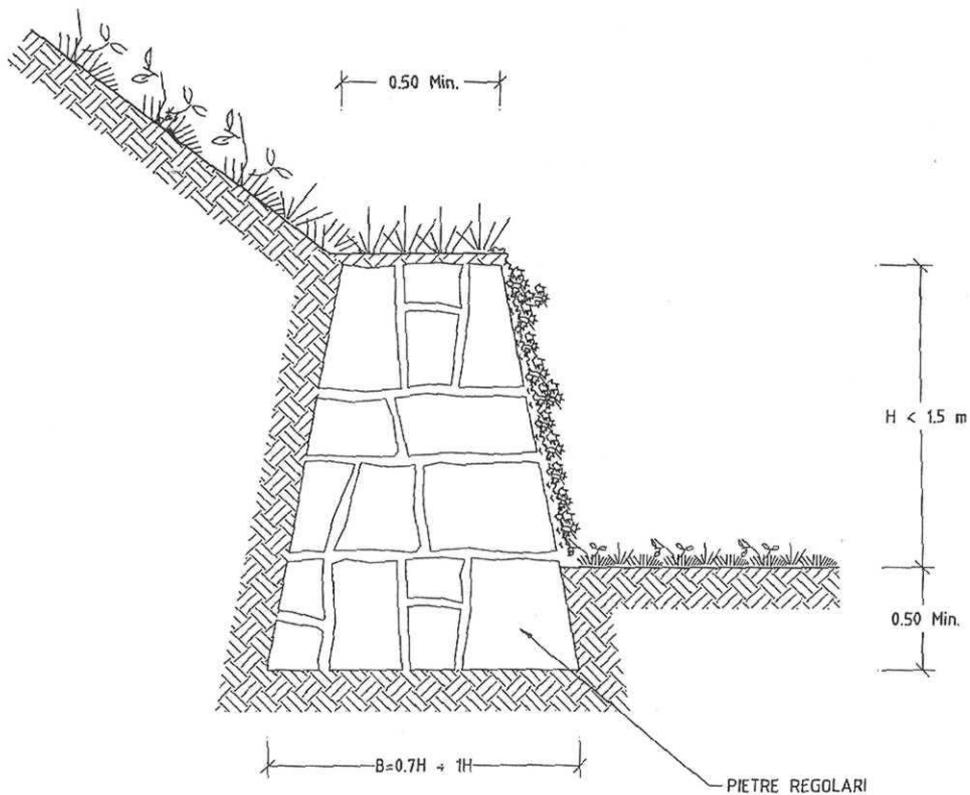


Si realizzano attraverso la posa in opera nello scavo di fascine costituite da verghe di specie arbustive o arboree ad elevata capacità vegetativa. Ogni 70 cm circa di posa si inseriscono delle talee aventi funzione di fissaggio delle fascine. Lo scavo viene poi riempito con riporto.

Da: Quaderno delle opere tipo – Autorità di Bacino del Fiume Po

OPERE DI SOSTEGNO DEI VERSANTI

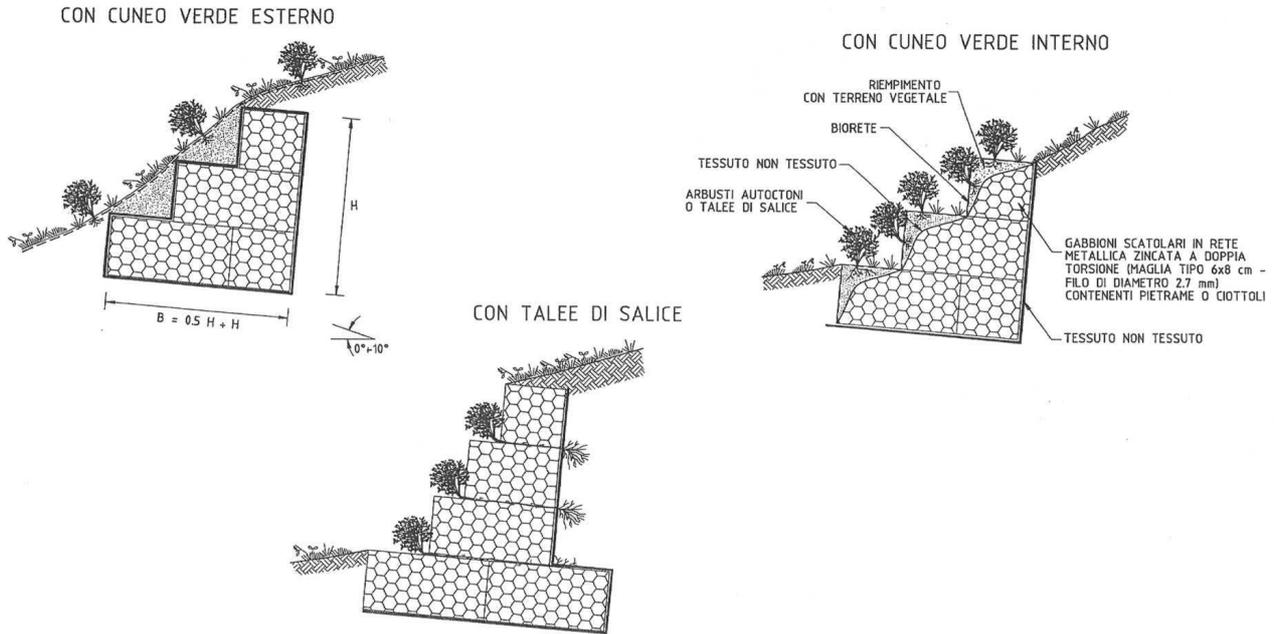
MURO A SECCO



Questa tipologia è impiegata a sostegno di modeste altezze di terreno, non superiori a 1,5 m. L'inserimento gradevole nell'ambiente deriva dal pietrame, possibilmente reperito in loco. La stabilità del muro è garantita dal suo peso, pertanto lo spessore intesta deve essere di almeno 50 cm mentre alla base deve essere pari al 70-100% dell'altezza fuori terra. Le pietre utilizzate dovranno essere compatte, non sfaldabili, di elevato peso specifico, di forma regolare e con le tre dimensioni simili fra loro. La loro disposizione dovrà essere ordinata sfalsando i giunti verticali, evitando vuoti interni e regolare sul paramento in vista.

Da: Quaderno delle opere tipo – Autorità di Bacino del Fiume Po

MURO IN GABBIONI



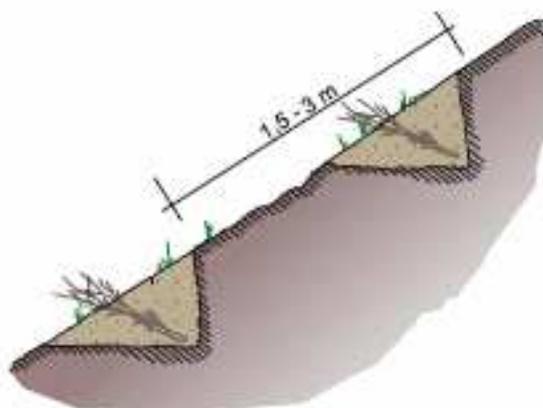
Questa tipologia è utilizzata a sostegno di terreni con altezza inferiore a 4-5 m. La stabilità del muro è garantita dal suo peso, occorre quindi dimensionare l'opera con una base adeguata in relazione sia all'altezza del terreno da sostenere che alla sua inclinazione. L'opera è caratterizzata dalla possibilità di assestamento e deformazione sotto l'azione di carichi in quanto flessibile.

La struttura del muro è formata da elementi scatolari in rete metallica zincata a doppia torsione riempiti con pietrame da cava o ciottoli di fiume di dimensioni non inferiori al diametro della maglia della rete. I materiali lapidei impiegati sono compatti, non gelivi e di elevato peso specifico e la loro disposizione non deve lasciare spazi vuoti. I gabbioni sono legati fra loro e le pareti opposte sono collegate da tiranti. Il muro in gabbioni può essere interrato o coperto da vegetazione.

Da: Quaderno delle opere tipo – Autorità di Bacino del Fiume Po

TECNICHE DI INGEGNERIA NATURALISTICA

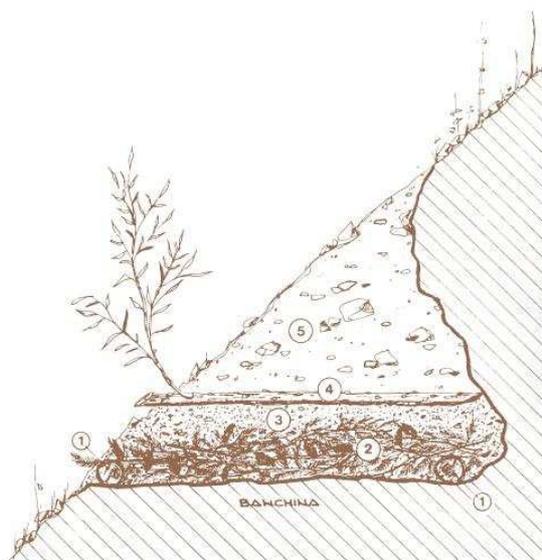
GRADONATE



Gradonata con talee; le talee di specie pioniere (salici o altro tipo) sono appoggiate sul fondo dello scavo, a forma di "L", con disposizioni a pettine ed interrate col materiale di sterro del gradone successivo per circa 1/4 della loro lunghezza. L'interasse tra gradoni successivi varia da 1,5 a 3 m.

Da: Atlante delle opere di sistemazione dei versanti - ANPA 2001

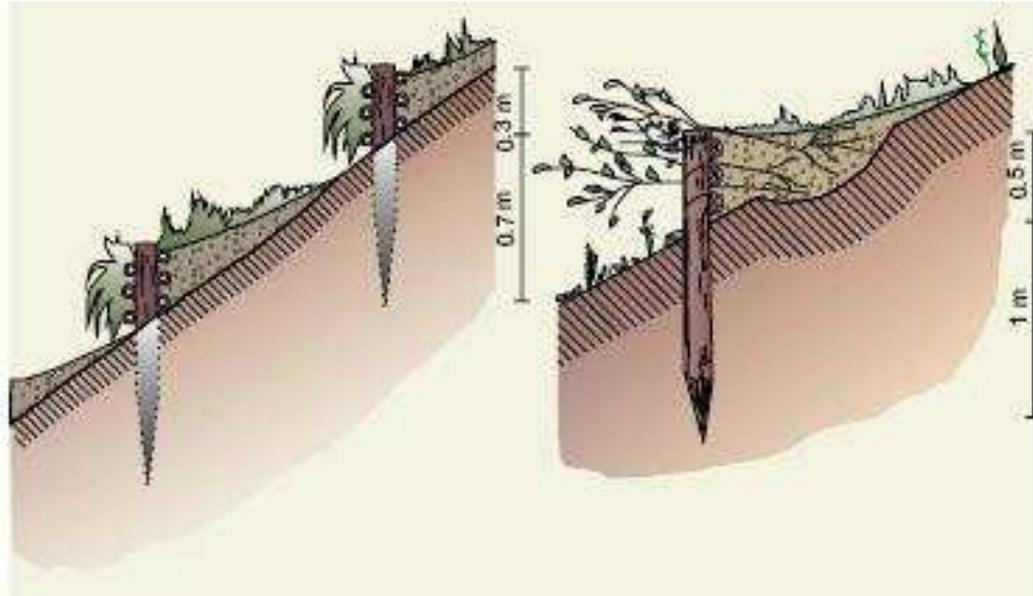
CORDONATE



- 1) Stangame longitudinale con corteccia (diametro: 6-12 cm.)
- 2) Letto di ramaglia di conifere.
- 3) Strato di terreno (spessore: 10 cm.).
- 4) Talea di salice (lunghezza > 60cm.; densità > 10 talee/metro.
- 5) Terreno di riporto proveniente dallo scavo della banchina superiore.

Da: Manuale tecnico di ingegneria naturalistica Regione Emilia Romagna e Regione Veneto, 1993

PALIZZATE

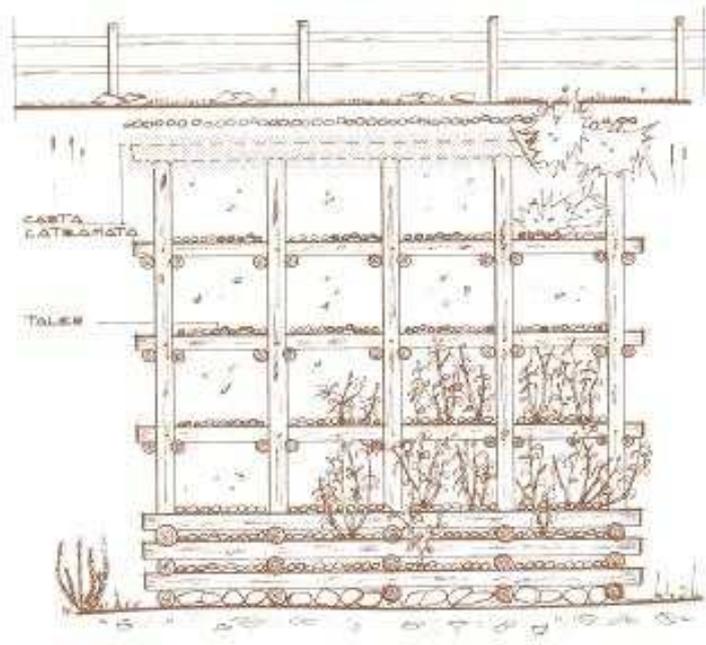


Sezioni tipo di una viminata (a sinistra) e di una palizzata semplice con talee e piantine (a destra). Le viminate sono strutture in legname analoghe alle palizzate, ma caratterizzate da una durabilità e resistenza molto minore, dovuta alla necessità di utilizzare verghe di piccole dimensioni per realizzare l'intreccio. Le palizzate sono strutture con una maggiore efficacia consolidante e stabilizzante e di più semplice e rapida realizzazione.

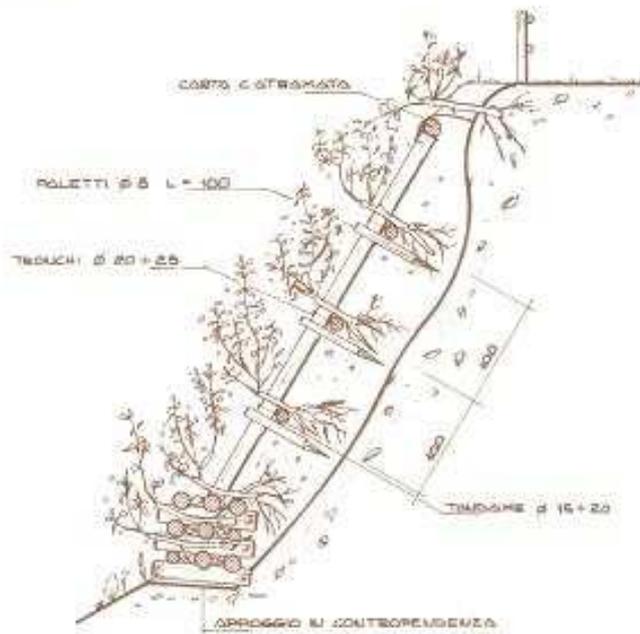
Da: Atlante delle opere di sistemazione dei versanti - ANPA 2001

GRATA VIVA

La grata vive, a camera, con la messa a dimora di talee e piantine, sono utilizzate per consolidare frane superficiali molto ripide e per un risanamento diffuso di tratti di versanti acclivi, labili, che non possono essere debitamente riprofilati o inerbiti. Le grate agiscono come sostegno del terreno fintanto che non si sviluppano gli apparati radicali degli elementi vivi in grado di consolidare e drenare il versante. L'altezza massima compatibile con tali strutture non può superare i 15-20 m. Tali strutture vengono costruite con legname allo stato tondo (diametro 15-25 cm) e richiedono la presenza di un contrafforte al piede della scarpata da sistemare, costituito da scogliera od opere miste. Sul tonname interrato e ancorato bene al piede viene fissato perpendicolarmente e trasversalmente altro tonname, ancorato al terreno per mezzo di pali in legno o piloti in ferro, in modo da formare maglie quadrate di lato 1,50-2,00 m che verranno riempite di terra. A monte degli elementi orizzontali verranno poste talee e piante radicate.



PROSPETTIV



SEZIONE

Da: Manuale tecnico di ingegneria naturalistica Regione Emilia Romagna e Regione Veneto, 1993

